

- I. *Der kopaische See und seine unterirdischen Abzugskanäle; aus einem nächstens erscheinenden Werk: „Griechenland, im neuen das alte,“ von P. W. Forchhammer.*

(Hiezu die Karte auf Taf. II.)

**B**öotien, an zwei Seiten vom Meere, im Süden durch den Kithäron und Parnes; im Norden durch die nördlichen Abhänge des Helikon und durch das Opuntische Gebirge (heute Chlomo) begrenzt, zerfällt in zwei wesentlich von einander verschiedene Theile, die einen so bestimmten Gegensatz bilden, dafs man füglich den einen nach einem See in seiner Mitte, das kopaische, den andern nach einem niedrigen Bergrücken, der ihn durchläuft, das teumessische nennen kann. Das kopaische Böotien ist ein tiefer Gebirgskessel, eingeschlossen vom Helikon, dem Chlomo mit seinen Nebenbergen, den Höhen von Martini, einem Dorf zwischen dem östlichen Ende des Sees und Larymnä, dem Ptoon, dem Sphingion und einigen niedrigen Hügeln, die sich wieder an den Helikon anschliessen. Das Thal gleicht durch seine Geschlossenheit denen von Stymphalos und Pheneos. Es würde bei gänzlichem Mangel eines offenen Abflusses für seine Gewässer gleichwohl durch die grössere Zahl seiner unterirdischen Abzugskanäle viel leichter als jene der Gefahr, zum Landsee zu werden, entgehen, wenn nicht die Natur gewollt hätte, dafs fast alle Gewässer aus Doris und Phokis, welche Länder nicht minder einen Kessel zwischen dem Parnafs, dem Oeta, dem Knemis-Gebirge und dem Chlomo bilden, durch eine kleine Oeffnung zwischen den Abhängen des Helikon und dem Akon-

tion, einem Abhange des Chlomo, mittelst des Kephissos ihren Abfluß in die kopaische Ebene fänden. Dem nord-westlichen Ende des lanzenförmigen Berges »Akontion« gegenüber liegt die Stadt Chäronea, an seinem südöstlichen Ende befinden sich die Ruinen von Orchomenos mit dem Schatzhaus des Minyas. Das Thal längs dem Akontion, zwischen diesem und den Abhängen des Helikon, ist sehr schmal, so daß der Kephissos gezwungen ist, sich dem Akontion sehr nahe anzuschließen; bei Orchomenos macht er eine nordöstliche Biegung um das Ende des Berges, windet sich dann meistens an der nördlichen Seite durch die See-Ebene, bis er sich in der Gegend von Topolia in mehrere Arme theilt, um die Katabothra, oder die Eingänge der unterirdischen Abzugskanäle am östlichen Ende des Sees zu erreichen. Wären diese Kanäle überall weit genug, um stets den ganzen Zufluß des Kephissos abzuleiten, so würde die Ebene zu keiner Zeit sich in einen See verwandeln. Und auch bei der jetzigen Hemmung des Abflusses würde der See doch nicht jährlich die große Ausdehnung gegen Süd-Westen erreichen, gesellten sich nicht zum Kephissos die zahlreichen kleinen Bäche des wasserreichen Leibethrios und der benachbarten Hügel. Gleichwohl irrt man sich, sehr, wenn man meint, die sogenannte Kopais sey *immer* ein See. Sie gewinnt vielmehr *alljährlich*, wenn gleich nur auf wenige Monate, den ihr gebührenden Charakter einer Ebene, mit Ausnahme eines sehr kleinen Bassins um die cyklopisch befestigte Insel bei Topolia welches, nach der Aussage der Umwohner, auch im heißesten Sommer einiges Wasser behält. — Im Winter 1833 — 1834 war sehr viel Schnee gefallen, so daß im Mai 1834, da ich den See bereiste, die ungewöhnlich hoch gestiegenen Gewässer noch nicht angefangen hatten zu sinken. Vier Monate später war der See so leer, daß, nach öffentlichen Berichten, der König von Grie-



chenland am unteren Ende desselben zwischen den Katabothren über den trocknen Boden hinritt.

In der Nähe von Orchomenos, dem heutigen Skripu, waren Deiche am Ufer des Kephissos aufgeworfen, die wahrscheinlich in alter Zeit sich weit in den jetzigen See hineinzogen, und einen grossen Theil fruchtbarsten Bodens vor der Ueberschwemmung schützten. Aehnliche Vorkehrungen mochten auch die Ebenen unterhalb Koroneia und Haliartos, die jetzt der Ueberschwemmung preis gegeben sind, bewahrt haben. Allein je länger der Kephissos und die kleineren Bäche innerhalb ihrer Ufer gebändigt waren, desto höher mußte das Wasser in dem östlichen kleineren Kessel der See-Ebene, der von Felsgebirgen umgeben ist, steigen, und, zurückkehrend, doch am Ende die Abwehr der Deiche vereiteln, wenn nicht die Kunst, wie das jährliche Austreten des Flusses verhindert, so das Abfließen des sich bildenden Sees befördert hätte.

Wir wenden uns zunächst zu der Beschreibung der *natürlichen* Wege der Verminderung der Gewässer, deren Steigen mit dem ersten Herbstregen beginnt, besonders aber um die Zeit der Wintersonnenwende reissend zunimmt, indem nicht nur Regengüsse die Flüsse unmittelbar füllen, sondern auch die Sonne, hier im Januar so warm wie bei uns im März, eine Menge Schnee der Gebirge in Wasser verwandelt, so daß, wie bemerkt, 1834 das Sinken der Ueberschwemmung in der Mitte des Mais noch nicht begonnen hatte, obgleich seit fast anderthalb Monaten kein Tropfen Regen gefallen war. — Es genügt hier an die, bei der grossen Fläche des Sees sehr bedeutende Abnahme der Gewässer, mittelst der *Verdampfung durch die Luft*, und an die nicht minder bedeutende Verminderung durch *Eindringen in die Erde* erinnert zu haben. — Die bedeutendste und eigenthümlichste Weise der Abnahme der Gewässer besteht in dem

Abfluß durch die *natürlichen unterirdischen Abzugskanäle*, deren Eingänge Katabothra genannt werden, wiewohl der Name häufig auf den Kanal selbst, und, aus Mißverständniß, auch auf die verticalen Schächte künstlicher Kanäle ausgedehnt wird. Im Folgenden werden wir nur die *Eingänge* der *natürlichen* Abzugskanäle, *Katabothra*, ihre *Ausgänge* dagegen mit einem in Griechenland üblichen Namen, *Kephalaria* (d. h. Flußhaupt, Quelle) und die unterirdischen Kanäle selbst *Gänge* nennen.

Solcher Gänge nun giebt es, wenn man sie nach der Zahl der Katabothra rechnen will, viele. Ich habe im Ganzen nur fünf Katabothra gesehen, die in Thätigkeit waren, d. h. die, bei dem zur Zeit meiner Reise am See sehr hohen Wasserstande, die Gewässer aufnahmen. Ich glaube, man darf die Zahl derselben nicht viel höher als auf das Doppelte anschlagen. Am richtigsten rechnet man aber die Zahl der Gänge nach der Zahl Kephalaria, da es gewiß ist, daß sich von mehreren Katabothren die Gänge untern Berg vereinigen und ein gemeinschaftliches Kephalarion haben. Darnach giebt es nun nur vier Gänge oder Gangsysteme, von denen drei in dem niedrigen Kalkgebirge zwischen dem Chlomo und dem Ptoon liegen, der vierte aber südwestlich vom Ptoon unter dem Sphingion.

Die Katabothra haben durchgehend dieselbe Form. Sie befinden sich nicht, wie man zu glauben geneigt seyn möchte, da, wo das Ufer am niedrigsten ist, und der See am tiefsten in's Land einbuchtet, sondern im Gegen theil wo das Ufer am höchsten und am meisten felsig ist Gerade wo der hohe kahle Felsrücken am weitesten in den See hinaustritt und eben in diesem Fels sind die Katabothra. Sie sind sichtbar von der Natur gebildet, so regelmäfsig auch häufig der Einschnitt in das Fels-Ende erscheint, an dessen innerer Wand sich die Höhlung befindet, durch welche das Wasser in den Gang

eindringt. — Die Entstehung der Gänge und ihrer Katabothra scheint sich am einfachsten so zu erklären: Wie die Kruste einer kochenden Masse hob sich das Kalkgebirge empor und wurde dadurch im Innern hohl. Während sich die Kruste abkühlte, suchten die Dämpfe im Innern einen Ausweg, den sie am leichtesten da fanden, wo sich die gehobene zähe Masse von der fest gebliebenen Begränzung loszureißen strebte, und wo sie zugleich am ersten in einen spröden Zustand übergang. So geschah es, daß gerade am Ende der Gebirgsrücken Stücke abgerissen wurden, und daß, statt der allmäligen Abdachung, eine gerade Felswand mit einer Höhlenöffnung sich darstellte. Daß nun häufig an den Seiten dieser Felswand das Gebirgs-Ende ganz ausläuft, hat ohne Zweifel darin seinen Grund, daß die andrängendem Dämpfe auf diese nicht unmittelbar wirken konnten, und es von der Gewalt der Bewegung und der Beschaffenheit des Steins abhing, ob das ganze Ende des Bergrückens oder nur das Stück, welches die Höhlung schloß, abgerissen wurde. — Daß übrigens die Kunst nachgeholfen habe, sieht man deutlich an den neben den Katabothren liegenden abgehauenen Steinstückchen; doch rühren diese vielleicht weniger von einer Glättung der Wände, als von der Wegräumung der bei der ursprünglichen Sprengung in die Höhlung hinabgefallenen Felsblöcke her.

Die Katabothra befinden sich an dem östlichen Theil des Sees. — Hier gegen Norden ist ein sehr großes Katabothron östlich von einer Anhöhe mit antiken Fundamenten, unter einem Fels, auf dessen Höhe eine alte Mauer-Einfassung von 80 Fufs im Quadrat, wahrscheinlich der Bezirk eines Heiligthums, sich befindet. — Nach der Richtung des Gebirgszuges zweifle ich nicht, daß dieses Katabothron in einen Gang führt, dessen Kephalaria die mächtigen Quellen sind, welche 10 Minuten südlich von der südlichen langen Mauer von Opus, unmittelbar aus dem steilen Felsen rechts von dem engen

Pafs, den links das Meer begränzt, mit grofser Wasserfülle hervorbrechen, so dafs sie gleich drei Mühlen, τοὺ παπᾶς genannt, treiben. Die Quellen selbst, deren Gang auf seinem, 2 bis 3 Stunden langen unterirdischen Wege von der Kopais wahrscheinlich ein Salzlager berührt, haben von ihrem etwas salzigen Wasser den Namen Armyro, d. i. ἄλμυρόν. — Ob an dem nördlichen Ufer dieses Theils der Kopais, westlich von dem erwähnten, noch andere Katabothra sind, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen, da es mir gerade an dem felsigen Theil des Ufers unmöglich war, mich dem See zu nähern. Die Natur des Ufers liefs indess mehrere vermuthen, die dann wahrscheinlich ihre Gänge vereinigen, und alle zu dem Gangsystem von Armyro gehören.

An der Ostseite des östlichen Theils des Sees sind drei Katabothra. Von diesen läfst sich, nach der Erfahrung der Umwohner, mit Sicherheit behaupten, dafs die beiden nördlicheren ihre Gänge unter dem Berg vereinigen und ihr gemeinschaftliches Kephalarion oberhalb Ober-Larymnä haben, da, wo der Kephissos nach einem unterirdischen Lauf von  $\frac{3}{4}$  Meilen aus unzähligen Felsspalten mit Gewalt hervordrängt und gleich einen breiten Strom bildet, dessen Länge bis zum Meerbusen von Unter-Larymnä ein Leichtgegürteter in einer halben Stunde zurücklegt. Im August ist das Wasser der See-Ebene gewöhnlich schon so weit gesunken, dafs diese beiden Katabothra kein Wasser mehr aufnehmen, und folglich auch der Kephissos jenseits des Berges bei Ober-Larymnä zu fliefsen aufhört. Man kann um diese Zeit trocknen Fufses in den Gang hineingehen.

Das dritte Katabothron der Ostseite führt in den dritten Gang, dessen Kaphalarion sich, bei Skroponeri oder Anthedon, unmittelbar am Ufer des tiefen Meerbusens öffnet. Oberhalb des Katabothrons ist ein tiefes verticales Loch im Kalkfelsen, in das man hinuntersteigen kann. Hier erscheint der Fluß in einem andern Arm

nach kurzem unterirdischen Laufe noch einmal, um sich dann in einem mehrere Meilen langen Gange zu verbergen, bis er bei Skroponeri, unter dem Ende eines langen Bergrückens, auf dem noch die Häusermauern des alten Anthedons stehen, gleich den andern Armen, aus Felsspalten, und hier auch aus dem sandigen Meerufer, und aus dem Boden des Meeres selbst, als süßes Wasser durch die Salzfluth sich hervordrängt. Dieses Kephalarion fließt das ganze Jahr gleich stark, und sein Katabothron ist, nach der Aussage der Einwohner von Martini, das einzige, welches das ganze Jahr hindurch Wasser aus dem Kephissos aufnimmt, auch dann noch, wenn der See wieder zur Ebene geworden, und nur das tiefer liegende, wieder zu Tage getretene Flußbett des Kephissos noch Wasser enthält.

Der vierte Gang, oder das vierte Gangsystem, liegt unter dem Sphinx-Berge, und leitet das Wasser aus der Kopais in den kleinen See Hylika oder Likaris (von 'Υλιζάριον, dem Diminutiv von 'Υλιζή). Selbst habe ich unter den Wurzeln des Sphingion, wegen des hohen Wasserstandes, nur Ein Katabothron erreichen können; doch versicherte mich der Demogeront von Akräphniä, längs dem Ufer von Kartitza bis Mulci (von Akräphniä bis Haliartos) sey »alles Katabothron,« allein sie seyen verstopft — ein gewöhnlicher Irrthum, entstanden aus dem Bemühen, den höheren Wasserstand zu erklären. Das Katabothron, welches ich unterm Sphingion sah, zeigte durch sein tiefes klares Wasser und die sehr geringe Strömung auf der Oberfläche, dafs es die Eigenthümlichkeit aller übrigen theilte, und wohl keinesweges durch Verstopfung im Katabothron oder im Gang, sondern allein durch die enge Oeffnung des Kephalarions der schnellere Abflufs gehindert werde.

Die Mündung der Sphingiosgänge in die Hylika liegt wahrscheinlich unterhalb des Niveaus dieses kleineren Sees, so dafs sie bei dem sich ziemlich gleich bleibenden

Wasserstände desselben nicht leicht sichtbar seyn werden, aufer in aufquillendem Wasser im See selbst. — Nicht unwahrscheinlich ist es, dafs aus der Hylika ein unterirdischer Kanal in den kleinen See von Morikios oder Hungru (so heifst ein Dorf am See), bei Strabo Schönos, und von da ein anderer unter dem Messapios bis an's Meer führe, wo das Kephalarion dieses Ganges die Quelle wäre, welche unter dem Ende eines Bergrückens sich befindet, der, vom Messapios herablaufend, südöstlich vom Lukischia nahe an's Meer tritt und mit diesem einen engen Pafs bildet. Auch diese reichfließende Quelle ist salzhaltig, vielleicht in Folge der Berührung eines Salzlagers durch den Gang. Die Hylika ist ein tiefer Kessel, *ringsumher* von hohen Felsen umgeben, mit auferordentlich klarem, sehr tiefem Wasser, ohne eine Spur von Wasserpflanzen oder Kräutern überschwemmten Landes — so viel ein Blick von der Höhe des Klimataria, eines treppenähnlichen Weges über einem Felsen an diesem See, unweit Akräphinä, wahrzunehmen gestattete. Es kann daher von einer Mündung des Ismenos und anderer kleiner Flüsse der Thebais in die Hylika nicht die Rede seyn, vielmehr bilden diese südlich von der Hylika einen ganz gesonderten Sumpf von unbedeutender Tiefe. Dieser mufs die *λμνὴ τῆς Θήβας* seyn, die man eben so wenig mit der Hylika als mit dem See von Morikios oder Hungru verwechseln darf. Wheler hatte über jenen »See von Theben« erfahren, dafs er alle dreifsig Jahre ganz austrockne, was sehr wahrscheinlich in Beziehung auf jenen Sumpf, nicht aber, wie es angewandt wird, in Beziehung auf die Hylika, die gewifs seit Menschengedenken niemals ausgetrocknet gewesen. Die Hylika erhält keinen offenen Zuflufs aus irgend einem Bach. — Ob nun das Gangsystem des Sphingion weiter reiche, als bis an die Hylika, ob diese Katabothra habe, welche das Wasser in den kleinen See von Morikios führen, ist bisher noch nicht erforscht, und ge-

gen die Verneinung dieser Frage dürften sich vor der Hand keine erheblichen Gründe anführen lassen, bis der Wechsel des Wasserstandes der Hylika näher beobachtet ist.

Aus den bisherigen Untersuchungen aber ergeben sich nun folgende, auch für die Wiedergewinnung der Seeebene zum Ackerbau wichtigen Resultate.

Die kopaische Ebene *wird alljährlich* zum See, ist aber nicht permanent ein See.

Es fragt sich also nicht, wie man den See ein für alle Mal ableite, sondern wie man die Ableitung beschleunige, so daß der See nicht, wie jetzt, erst im Herbst, sondern im Frühling zur trocknen Ebene werde.

Die Kephalaria leiten noch immer eben so viel Wasser aus dem See ab, als sie jemals abzuleiten im Stande gewesen sind.

Es findet also durchaus keine Verstopfung der natürlichen unterirdischen Kanäle statt, oder wenn sie stattfindet, so ist sie doch bisher ohne den geringsten Einfluß auf die größere oder geringere Schnelligkeit des Abflusses; es kann also eine Reinigung der Katabothra für den Zweck der schnelleren Ableitung des Sees nur nutzlos seyn.

Der einzige Grund eines geringeren Abflusses oder gänzlichen Aufhörens des Abfließens durch die Kephalaria ist das Sinken des Niveaus des Sees unter die Schwelle des Katabothrons, also der Mangel an Zufluß.

Das nächste Mittel zur Beschleunigung des Abflusses des Sees ist die *Erweiterung der Kephalaria*. Wenn wahrscheinlich gemacht ist, daß die Gänge da am weitesten sind, wo der Gangberg am höchsten und breitsten, und da am engsten, wo der Berg am niedrigsten, also an dessen zur Fläche sich abdachenden Enden, wo die Kephalaria; so ist auch die größte Wahrscheinlichkeit, daß schon durch Wegbrechen eines geringen Theils des Felsendes, oder durch Einhauen oder Aussprengen eines

dem Gang begegnenden *kurzen* Stollens, der erstrebte Zweck vollkommen erreicht werde.

Es giebt auſser der Erweiterung der Kephalaria nur Ein Mittel, den Ablauf der Gewässer zu beschleunigen, und dieses haben die Hellenen des höchsten Alterthums, das bisher entwickelte Verhältniß der Katabothra, Gänge und Kephalaria nicht beachtend, angewandt. Sie haben, ohne weitere Berücksichtigung der natürlichen Gänge, zwei neue künstliche unterirdische Gänge, die wir *Stollen* oder *Emissäre* nennen, durch das Felsgebirge gehauen, von denen der eine vom östlichen Ende des See's bis zum Kephalarion von Ober-Larymnä, nördlich von dem nördlichsten der drei östlichen Katabothren, und fast parallel mit dessen Gang liegt, der andere zwischen dem Sphingios und Ptoon unter der Ebene von Akräphniä hindurch in die Hylika führt.

Wir lernen aus römischen Schriftstellern, daß man solche unterirdische Gänge nach oben mit Oeffnungen versah, hauptsächlich zur Einlassung von Luft, daher unsere Bergleute sie Wetterschächte nennen. Solche Oeffnungen, verticale Schächte, finden wir nun sowohl bei Emissären von Albano und Fucino, als bei der langen unterirdischen Wasserleitung, die südlich von dem kleinen Turko-Vuni-Gebirg, von dem Fuß des Brilessos (Pentelikos) über Ampelokepos nach Athen führt. Solche verticale Oeffnungen sind die viel besprochenen tiefen viereckigen Löcher, von 3 bis 4 Fuß im Quadrat, zwischen Martini und dem See. Kein Reisender hat sie bisher für das erkannt, was sie sind. Zu der ganz irrthümlichen Voraussetzung, daß sie gemacht seyen zur Reinigung der *natürlichen* Katabothra, ist die irrigue Uebertragung des Namens Katabothra auf diese Schächte selbst hinzugekommen, um die Vorstellungen über dieselben noch mehr zu verwirren. Bis in die neueste Zeit herrscht selbst in Griechenland die Meinung, man könne durch die Schächte die vermeintlich verstopften Katabothra rei-



nigen, da doch die Lage der natürlichen Katabothra und die Lage der Reihe dieser Schächte lehrt, daß es ganz unmöglich ist, daß die letzteren in die Gänge der ersten hinabführen und mit diesen in irgend einer Verbindung stehen. Die natürlichen Gänge laufen augenscheinlich unter der Höhe des Bergs hin, während die verticalen Schächte sich an der Seite des Berges *im Thale* befinden. Es gränzt nämlich nördlich an den Bergrücken, worin das nördlichere Katabothron des Ganges von Ober-Larymnä, ein kleines Stück der See-Ebene, welches im Mai 1834, und wahrscheinlich zu allen Zeiten, vom See unbedeckt bleibt. Aus dieser Ebene zieht sich ein kleines Thal, eine Senkung, nördlich von dem Berg, der den Katabothrengang deckt, in ziemlich gerader Richtung nach Osten, und mündet in eine kleine Ebene, an deren südöstlichem Winkel das Kephalarion von Ober-Larymnä unter dem Ende des erwähnten Berges sich öffnet. In dieser Senkung sind jene Schächte, ungefähr zwanzig an der Zahl, alle mehr oder weniger mit Schutt angefüllt, und gegenwärtig ohne eine sichtbare oder hörbare Spur fließenden Wassers. Trotz des hineingefallenen Schuttes erkennt man doch leicht, daß sie desto tiefer sind, je höher sich das Terrain hebt. Der westlichste Schacht ist noch in dem erwähnten kleinen Stück der See-Ebene wenige Fufs über dem höchsten Wasserstande. Es würde nur einer geringen Ausgrabung bedürfen, um auf den Boden dieses Schachtes, und folglich auch zu dem horizontalen Stollen zu gelangen, der unter allen diesen Schächten hinläuft. Im August und September würde ein solcher Versuch von dem durchseihenden Wasser wahrscheinlich keine Störung zu befürchten haben. — Es ist sehr begreiflich, daß man den unterirdischen Emissär da anlegte, wo es einer geringeren Tiefe der verticalen Schächte und einer geringeren Länge des Stollens bedurfte, also in der Niederung. Und in der That giebt es kein Terrain zwischen dem östlichen Ende des Sees

und dem Meer, wo man mit weniger Mühe einen solchen Emissär hätte durchhauen können, wiewohl auch hier die Länge desselben gegen  $\frac{3}{4}$  einer deutschen Meile, die Tiefe des tiefsten Schachts über 50 F. betragen mag.

Sey es nun, daß dieß enorme Werk für die schnelle Ableitung des Kephissos nicht ausreichte, oder daß andere, vielleicht politische, Ursachen mitwirkten, — auch unter der *Ebene* von Akräphniä führte man zur Ableitung der Kopais in die Hylika einen ähnlichen, aber kürzeren Stollen mit ähnlichen Schächten, deren ich acht zählte, deren Zahl jedoch der Demogeront von Akräphniä auf funfzehn angab. Da diese Ebene beackert wird, so sind die Schächte theils mehr angefüllt, theils deshalb weniger beachtet, weil der Weg nicht so unmittelbar neben ihnen vorbeiführt.

Wann diese großen Werke ausgeführt sind, darüber schweigt die Geschichte. Es sind aber diese Emissäre, und nicht die keiner Reinigung bedürftigen Katabothra, welche Krates, der Berghauptmann des Alexander, zu reinigen anfang, ein Unternehmen, über das es keinen ungeschickteren Bericht geben kann, als den des Strabo, der dieser Gegend gänzlich unkundig ist. Darf man von dem Reichthum der Orchomenier, ihrer Baufertigkeit, die sich im Schatzhaus des Minyas, ihrer Geschicklichkeit im Aushauen von Felsböhlen und Gängen, die sich in der Höhle des Trophonios in Lebadeia offenbart, einen Schluß ziehen, so gehören auch die Emissäre jener vorhistorischen, mythischen, chronologisch durchaus unbestimmbaren Zeit an. Ohne sie war der Reichthum von Orchomenos eine Unmöglichkeit; ohne sie wäre damals, wie heute, das Wasser hoch über die Saatfelder getreten, und hätte damals, wie heute, alle Erndte auf der weiten fruchtbaren Ebene vereitelt. — Wir zweifeln kaum, daß die Erweiterung der Kephalaria die schwierigere Arbeit der Reinigung der künstlichen Emissäre überflüssig machen werde.

---

## II. Ueber die hydrographischen Verhältnisse Morea's, besonders über den See Phonia; von Hrn. Boblaye.

[Mit einigen Abkürzungen aus den *Annal. des mines*, T. IV. p. 99, wo der Aufsatz aus dem fünften Kapitel der *Description de la Morée* des Verfassers entlehnt ist.]

Auf einem großen Theile der Küstenländer des Mittelmeers zerfällt das Jahr, wie unter den Tropen, in zwei scharf geschiedene Zeiten, in die Zeit des Regens, die vier bis fünf Monate dauert, und in die der Dürre. Die jährliche Regenmenge beträgt in Morea mehr als ein Meter, wenigstens auf den Abdachungen nach Süden und Westen. Ein Theil dieser ungeheuren Wassermasse gelangt, wegen der Abschüssigkeit und Kahlheit der Berge, unmittelbar und sehr schnell in's Meer. Der Ueberrest sammelt sich in den hohen geschlossenen Becken des Innern oder verliert sich in den Klüften, welche die Formation der dichten Kreide nach allen Richtungen durchsetzen. In beiden Fällen wird er die Speise wahrhafter unterirdischer Flüsse, welche die Gebirge durchdringen und am Ufer oder unter dem Meeresspiegel wieder hervorkommen. Quellen, von diesen Flüssen gebildet, nennen die Griechen, zur Unterscheidung von den gewöhnlichen Quellen, *Kephalovrysi* oder *Wasserhäupter* <sup>1)</sup>).

Die Gestaltung des Bodens zu geschlossenen Becken, meistens ohne beständige Seen, sind nicht bloß Morea eigen, sondern finden sich auch in ganz Griechenland, Italien, einem Theil der iberischen Halbinsel, Kleinasien und Syrien, kurz in der ganzen Zone der secundären Formationen des mittelmehrigen Bassins.

Im ganzen übrigen Europa, wo die Gewässer von

1) Auch *Kephalaria*, wie aus dem vorhergehenden Aufsatz erhellt,  
P.

einer geringen Anzahl allgemeiner Abhänge aufgenommen werden, schliessen sich dieselben von den Hochgebirgen bis zum Meere regelmässig an einander, oder verzweigen sich um einige Gebirgsstöcke. Die Geographen dieser Länder, verleitet durch die ihnen bekanntesten Verhältnisse und durch die systematische Idee von einem Auswaschen der Thäler durch die Gewässer, betrachten die regelmässige Verknüpfung als das allgemeine Gesetz und die andere als eine seltene Ausnahme oder einen blossen Zufall.

Wenn sich indess auch die Regelmässigkeit in den grossen Ebenen Nordeuropas von der Verknüpfung der Gewässer bis zu den Gestaltungen und Beziehungen der Thäler erstreckt, so verhält es sich doch nicht so in den Gebirgsländern, wo man vielmehr, wie in der Zone des mittäglichen Europa, terassenartig über einander liegende Becken durch Klüfte verbunden antrifft. Allein man ist so von systematischen Ideen eingenommen gewesen, dass man sie nicht gesehen hat, und dass sie selbst auf den topographischen Karten fehlen, die, man darf es wohl sagen, noch heute die Gestalt des Bodens durch eine aus denselben hydrographischen Inductionen abgeleitete conventionelle Methode entstellen.

Dem Geologen kommt es zu, diese Fehler der Topographie zu berichtigen. Vertraut mit den Verrückungen, welche die Erdkruste in verschiedenen Richtungen erlitten hat, muss er glauben, dass die Bildung geschlossener oder nur durch blosse Schlünde in Gemeinschaft stehender Becken fast eben so allgemein ist, und dass der ununterbrochene Zusammenhang der Gewässer und Thäler nur das Resultat ist von dem Mangel an Verrückungen, in einigen Gegenden, und von langsamen Umänderungen der ursprünglichen Gestaltungen, in andern. Allein man kann fragen, warum diese Umänderungen, welche in den gehobenen und zerrissenen Boden von Frankreich, England, Schweden und Deutschland alle

Gewässer, von Thal zu Thal, von den höchsten Gebirgsrücken bis zum Meere gelangen ließen, dieß nicht thaten in den Regionen des mittäglichen Europas, wo vielmehr das Centrum der Inseln und Continente aus gesonderten hydrographischen Becken aller Größen gebildet geblieben ist.

Zwei Ursachen können zu dieser Erscheinung beigetragen haben, eine meteorologische und eine geognostische; und wir glauben, daß nur allein die zweite auf die geschlossenen Becken der Gebirgsgegenden Griechenlands und Italiens angewandt werden kann.

Wenn ein Becken ohne unterirdischen Abfluß getrennt von tiefer liegenden Thälern bleiben soll, muß für das gesammte Becken die Menge des gefallen Wassers mit der des verdampften in Gleichgewicht stehen oder die letztere vorwalten; oder anders gesagt, die Menge des von der Oberfläche des Behälters verdampfenden Wassers muß eben so groß oder größer seyn als die Summe des gefallen und des durch die Zuflüsse herbeigeführten Wassers. Diese Bedingung ist aber in dem größten Theile von Europa lange nicht erfüllt, und, wie wir beweisen werden, auch nicht auf Griechenland anwendbar. Man begreift alsdann wie, unabhängig von steter Herbeiführung von Alluvionen, das allmähige Steigen der Gewässer die geschlossenen Becken mit tiefer liegenden Thälern in Gemeinschaft setzt, wie man es fast in ganz Europa sieht, während dieselben meteorischen Einflüsse, im Süden und Osten, die Gewässer des kaspischen Meeres und anderer geschlossener Seen in Asien im Gleichwicht erhalten, und, noch weiter gen Süden, Binnenmeere fortwährend verkleinern und selbst schon ganz ausgetrocknet haben.

Der See Phonia <sup>1)</sup> in Morea, welcher 1814 nicht vorhanden war, gegenwärtig aber, ungeachtet der Kleinheit seines orographischen Beckens, eine Tiefe von 40

1) Im Alterthum: Pheneos.

Meter besitzt, zeigt, wie die erwähnten Gleichgewichtsbedingungen bei weitem nicht vorhanden sind, wenigstens nicht in den Gebirgsgegenden.

Die Abhänge verschiedener geschlossenen Becken sind so steil und so kahl, daß die Regenwässer fast gänzlich in den Behälter fließen. Es würde also zum Gleichgewicht erforderlich seyn, daß die an dessen Oberfläche verdampfte Wassermenge um eben so viele Male die in das Becken gefallene überträfe, als die gesammte Oberfläche des Beckens größer ist als die des Behälters, was nicht annehmbar ist.

Wir müssen daraus schließen, daß das Vorkommen aller dieser geschlossenen Becken ohne beständige Gewässer und ohne äußere Verbindung in Griechenland von andern Ursachen als atmosphärischen abhängt, und bloß durch die Natur des Bodens erklärlich ist.

Wir bemerken zunächst, daß die dichten Kalksteine, welche die Einfassungen dieser geschlossenen Becken bilden, angeschwemmte Massen in weit geringerer Menge bilden als die Secundär- und Tertiärformationen, selbst als die Schiefer- und als andere ältere Gesteine des nördlichen Europas; und daß überdies diese Trümmer weit leichter vom Wasser durchdrungen werden als die der eben erwähnten, alle mehr oder weniger thonigen Formationen. Es folgt daraus, daß die Verschüttung von Höhlen weit weniger rasch vor sich gehen, und daß die Infiltration die Wirkung unterirdischer Abflüsse, der wahren Ursache des Phänomens, erleichtern müsse.

*Von den Schlünden.* In jedem geschlossenen Bassin giebt es einen oder mehrere Schlünde, in welchen sich die Gewässer der Sturzbäche verlieren. Man belegt sie gegenwärtig im ganzen Griechenland mit dem Namen *Katavothra* <sup>1)</sup>, die Alten nannten sie *Zerethra* und *Chasma*.

Sie

1) Man spricht im Neugriechischen *Katavothra*, schreibt aber: *Katabothra*.

Sie liegen gewöhnlich am Fufs der Gebirge, welche das Becken einfassen; und in den Felsen dieser Umgebungen findet man immer offene Spalten, Risse und oft örtliche Störungen in der Schichtung; sie entsprechen gewöhnlich den Pässen, zuweilen aber auch den Kämmen der Gebirgsketten.

Findet sich der Schlund mitten in der Ebene, wie zu Kavaros (Pyrrichus), auf der Halbinsel Tenaron, und zu Tripolitsa, so erkennt man ihn im Sommer nur an einer Ablagerung von rothem, ganz zerborstenem Schlamm; liegt er aber in Felsen, am Fufs der Gebirge, so ist er oft so geräumig, dafs man hineingehen kann; von dieser Art sind die Schlünde der Seen von Stymphalos und Copais; des der Tipiana, bei Mantinea, in dessem Innern man eine Mühle angelegt hat. Man findet darin Grotten mit glatten Wänden, enge Kanäle und Seen, wie in den so vielfach beschriebenen Höhlen.

Die Spalten, die Urheber der Austrocknung der geschlossenen Becken, sind offenbar Folge der Härte und grofsen Brüchigkeit des dichten Kalksteins, welcher bei der Verrückung des Bodens zerrissen wurde, und dabei viele leere Räume und Trümmerstücke hinterliefs.

Ein Umstand, der überdies den Abflufs der Gewässer und die Bildung solcher Höhlen begünstigt, ist das Daseyn einer unter dem Kalk liegenden grofsen Sandsteinformation (Grünsand), welche die Gewässer mit Leichtigkeit fortspülen. In Folge des haben die Höhlen zugenommen, und sich momentan schliessen können, wenn die Stützpunkte zu mangeln anfangen.

Da die meisten dieser Schlünde unzureichend sind, die gesammten Wässer der Regenzeit abzuführen, so bildet sich um ihre Mündung ein See. Der Boden erhöht sich durch abgelagerte Anschwemmungen, und die Bäche können bald nichts mehr dahin führen, als Sand, Schlamm und schwimmende Ueberreste von Pflanzen und Thieren. Endlich wird die Erhöhung des Bodens so grofs, dafs

sich die Bäche in einen andern Theil der Ebene ergießen, wo sie gewöhnlich neue Oeffnungen finden, und so, indem sie allmählig die ganze Ebene durchlaufen, diese fast in einem gleichförmigen Niveau erhalten. So verhält es sich gegenwärtig mit allen Bächen der Ebene von Tripolitsa.

Im Sommer trocknen diese Seen mehr oder weniger vollständig aus, und auf ihrem röthlichen Boden werden dann die Schlünde sichtbar. Der Eingang derselben, welcher fast immer durch eine in der Feuchtigkeit dasselbst üppig wuchernde Vegetation versteckt ist, wird nun sieben Monate lang der Schlupfwinkel von Füchsen und Schakals, welche ihre Beute dahin schleppen <sup>1)</sup>). An der Mündung eines dieser Schlünde habe ich das Gerippe eines ganzen Pferdes liegen sehen, welches die Fleischfresser zum Theil abgenagt hatten, ohne es hineinschleppen zu können. Nicht lange hernach werden die Knochen dieses Gerippes, welches die Spuren ihrer Zähne an sich trug, in die schlammigen Ablagerungen der Höhle versetzt worden seyn, inmitten der umher gerollten Knochen und Skelette, welche die Gewitterregen oft hineinspülen müssen. Man sieht hieraus, wie in allen Gegenden die Höhlen in der trocknen und nassen Jahreszeit abwechselnd der Wohnort von Fleischfressern und der Abfluß der Gewässer werden können, und dafs die ausschließlichen Ursachen, durch welche man das Vorkommen von Knochen in Höhlen hat erklären wollen, unrichtig sind.

Wir haben eben gezeigt, dafs die Gewässer des Innern von Morea sich in wahrhaften Knochenhöhlen verlieren, und durch unterirdische Kanäle zum Meere gelangen. Das Nachstehende wird dieß vollends beweisen.

Die Verstopfung der unterirdischen Kanäle ist eine häufige Erscheinung, welche, von Alt- und Neugriechen

1) Nach der Aussage der Einwohner ziehen die Wölfe sich nie dahin zurück.



beachtet, ihnen Gelegenheit gegeben hat, den unterirdischen Abfluß mehrerer der geschlossenen Becken kennen zu lernen. So haben sie erkannt, daß die Gewässer des Sees von *Stymphalos* den *Erasinus* bilden, die der Ebene von *Argos*, bei *Mantineia*, den unterirdischen Fluß *Dina*, welchen die Neugriechen *Anavolo* nennen; die des Sees *Phonia*, die schönen Quellen des *Ladon*, unterhalb *Lycuria* u. s. w.

In diesem Augenblick zeigt der See *Phonia* die Erscheinung von verstopften Schlünden in einer sehr merkwürdigen Weise. Drama-Aly, der letzte Bey von Korinth, hatte auf drei Mündungen Roste legen lassen. Zu Anfange der griechischen Revolution wurden diese abgenommen, und alsbald war eine reiche Ebene in einen See verwandelt, der, wie schon gesagt, an einigen Orten 40 bis 50 Meter tief, und 6 bis 8000 Meter breit ist.

Vor mehr als einem Jahrhundert stiegen die Gewässer sogar zu noch größerer Höhe an. Rings um den ganzen See, mehr als 100 Meter über seinem gegenwärtigen Spiegel, sieht man nämlich auf den Boden und in Felsspalten Spuren eines röthlichen Schlammes abgelagert, auch einen mit der Knochenbreccie identischen Kitt eine röthliche Linie an der alten Ufergränze hinziehen. Gegenwärtig sind die Gewässer fortwährend im Steigen begriffen, und sie könnten leicht eine Höhe von 400 Metern erreichen, ehe sie einen Abfluß in die Ebene von Orchomenos finden, wenigstens wenn die Schlünde nicht durch den Druck des Wassers oder durch Erderschütterungen geöffnet werden.

Es scheint, daß in alter und neuer Zeit diese häufigen Verstopfungen und Wiedereröffnungen der Schlünde des *Phonia* von Erdbeben abgeleitet wurden. So sagt Eratosthenes, wie Strabo anführt: Zuweilen geschah es, daß, in Folge der Verstopfung der Schlünde, das Wasser die Ebene überschwemmte, und wenn sie sich wieder öffneten, floss es schnell ab, um die Quellen des

Ladon und des Alpheus zu vergrößern; dadurch wurde einst die Umgegend des Tempels von Olympia überschwemmt, in einem Augenblick, wo die Sümpfe ausgetrocknet waren. Strabo fügt hinzu, daß, als zu einer andern Zeit die Wände der Schlünde, durch welche die Wässer abflossen, in Folge von Erdbeben eingestürzt waren, die Quellen des Ladon gänzlich versiegten.

Die Auskehrung der unterirdischen Kanäle nach deren Verstopfung in Folge von Erdbeben oder anderen Ursachen, und die Leichtigkeit, mit welcher ein in der Ebene, in Folge der Erhöhung ihres Bodens, ausgetretener Bach einen andern Abfluß findet, zeigen, daß die Entstehung der inneren Höhlen eine Erscheinung ist, welche unserer Zeit angehört, und übrigens seit der subapenninischen Epoche hat eintreten müssen, weil die Existenz der geschlossenen Becken älter ist als sie. Wir würden also in den Höhlen von Morea fossile Knochen aus dieser Periode antreffen, wenn die Hebung der großen Alpenkette den Boden von Morea wie den des südlichen Frankreichs verschoben und das Innere der Höhlen bloß gelegt hätte.

Die *Kephalovrysi*. Mit diesem Namen (wörtlich *Wasserhäupter*) bezeichnet man die unteren Mündungen der unterirdischen Kanäle. Von anderen Quellen unterscheiden sie sich nicht nur durch ihre Wasserfülle, sondern auch durch ihre Beständigkeit in allen Jahreszeiten und durch ihre unregelmäßigen Unterbrechungen.

Die Lage der Kephalovrysi scheint uns durch geognostische Verhältnisse bedingt zu seyn. In dem Gebirge wie an den Quellen des Ladon und denen des Buphagus <sup>1)</sup>, bei Karytena und an mehreren anderen Orten finden sie sich auf den Mergelschichten, die unter der großen Kreide- und Grünsandformation liegen; und in Lakonien an der Berührung des Marmors mit der Schie-

1) Wir sind gezwungen die alten Namen zu geben, da diese Flüsse keine neuen Namen führen.

ferformation. Am wasserreichsten öffnen sie sich aber an der Küste und in der Ebene auf den horizontalen Curven, welche die alten Uferlinien bezeichnen.

Von der Art ist die Lage der Quellen von Lerna, des Erasinus, von Tirynth, von Candia in Argolis und der prächtigen Quellen von Skala im Helos; oft endlich brechen sie unter dem Meere heraus, wie zu Anavolo, bei Astros, und an vielen Punkten der zerrissenen Küste von Argolis, Lakonien und Achaja.

Der untermeerische Fluß von *Anavolo* (Dina) <sup>1)</sup> bietet die schönste Erscheinung dieser Art dar; 300 bis 400 Meter vom Ufer sieht man, bei Windstille, die ausbrechende Fluth um einen sehr gewölbten Theil große concentrische Bogen beschreiben und auf eine sehr beträchtliche Strecke Sand auswerfen. Das Ufer bietet eine concentrische Senkung von etwa 100 Meter Höhe dar, eingeschnitten in die Seiten des Berges von Zavitsa. (Man sehe die neue Karte von Morea, Blatt III); eine Thatsache, worin man nichts anderes als das Zusammen-sinken der nicht durch eine Auswaschung, sondern durch Fortspülung gebildeten Höhlungen erkennen kann.

Die Ebene von *Argos* ist umgeben von diesen Kephallavrysi, deren Wässer die pestilentialischen Sümpfe erzeugen, welche die Fabel in der *Lernäischen Hydra* personificirt hat. Sie alle liegen ungefähr in gleichem Niveau; die höchsten nicht über 20 Meter über dem Meere; alle entspringen aus zerborstenen Schichten von Breccie und eisenschüssigen Puddingsteinen, welche in diesen Gegenden, nach der Ablagerung der subapenninischen Formation, eine Küstenböschung bildeten. Die Knochenbreccie des Mittelmeers und die eisenschüssigen Alluvionen von Morea sind gleichzeitige Ablagerungen.

1) Pausanias hat diese Erscheinung beobachtet; allein der Text ist so dunkel und die Uebersetzungen sind so fehlerhaft, daß wir niemals errathen haben würden, wovon die Rede sey, wenn wir nicht die Orte besucht hätten.

Zu bemerken ist, daß die Quellen nicht an den Seitenwänden der Thalmündungen entspringen, sondern am Fulse der in die Ebene hinabreichenden Vorsprünge, wie wenn die Gewässer in den zerklüfteten Kalkschichten einen leichteren Durchgang gefunden hätten als in den jüngeren Ablagerungen der Thäler. So liegt die Quelle des Erasinus am Ende eines Vorsprungs, wo sich große Höhlen öffnen <sup>1)</sup>, deren Boden nicht mehr als fünf Meter über der jetzigen Quelle liegt. Man sieht hier bis zur vollen Evidenz, daß der Fluß aus diesen Höhlen entsprang, als an deren Fufs die eisenschüssigen Alluvionen abgelagert wurden, und daß die Gewässer, erst nach der Anhäufung dieser Alluvionen und ihrer späteren Zerstörung durch das Meer, die Höhlen verliessen, um sich unter den Alluvionen oder vielmehr am Fufs des Abhangs (*falaise*), welcher dem der gegenwärtigen Epoche voranging, einen Ausgang zu bahnen. Die Quellen von Lerna, Candia, Piada und alle an der Küste von Argolis, befinden sich in durchaus gleichen Lagen. Als wir die meisten Quellen Griechenlands an den Ufern in fast gleicher Höhe über dem Meeresspiegel hervordringen sahen, glaubten wir, daß diese Erscheinung in gewissen Fällen von einem durch die große Dichte des Meerwassers erzeugten Rückdruck bewirkt werden könnte. Einen Beweis davon haben wir wenigstens in dem See von *Ino*, bei *Epidaurus-Limera*, an der Küste von Monambasia, welchem seine Sonderbarkeit die Ehre eines Orakels verschaffte. Er ist eine kreisrunde Höhle von 4 bis 5 Meter Durchmesser mitten in einem dichten Kalkstein, welcher wie im ganzen Peloponnes zerklüftet und aufgerichtet ist. Ihr Abstand vom Meer beträgt nicht über 100 bis 150 Meter und ihre Höhe über demselben kaum 2 Meter. Obwohl ihre Tiefe unbekannt ist (mit 30 Metern war kein Grund zu erreichen), so ist sie doch in allen Jah-

1) Wir ließen sie bis zu anderthalb Meter Tiefe ausweiten, ohne etwas anderes als Mist von Fledermäusen zu finden.

reszeiten bis zum Rande mit einem kaum brakischen Wasser gefüllt. Hiernach scheint der See für nichts anderes gehalten werden zu können als für den einen Arm eines Hebers, dessen anderer unter dem Meeresspiegel mündet, in einer Tiefe, welche, nach dem Dichtigkeits-Unterschied zwischen dem süßen und salzigen Wasser, und nach der Höhe des Sees von zwei Meter, 77 Meter betragen würde.

*Temperatur und Beschaffenheit* des Wassers in den Kephalovrysi. Wir haben die Kephalovrysi der griechischen Küsten zu verschiedenen Jahreszeiten beobachtet, und mit Verwunderung wahrgenommen, daß ihr Wasser, nach dem Schmelzen des Schnees, in der Regenzeit und in der langen Dürre des Sommers, immer dieselbe Klarheit, dieselbe Temperatur und dieselbe Ergiebigkeit behält.

Zur selben Zeit da die Schlünde der Becken im Innern des Landes eine ungeheure Masse dunkelrothen schlammigen Wassers aufnehmen, sprudeln die Quellen an der Küste von Argolis hell und klar hervor, nur etwas kalkigen Sand mit sich führend. Das Wasser muß also auf seinem unterirdischen Wege Seen antreffen, wo es die Sand- und Schlamm-Massen absetzt, und von wo es dann durch enge Kanäle weiter fließt, die keine andere Anschwellung der Quellen als die in Folge einer Druckvermehrung erlauben.

Die große Menge Luftblasen, die sich im Frühling aus allen diesen Quellen entwickeln, besonders aus der des Erasinus, deuten wohl auf eine solche Zunahme des Drucks in der Luft der inneren Höhlen.

Unsere Beobachtungen über die Temperatur der Kephalovrysi führen zu denselben Resultaten. Wir haben die Temperatur der Quellen von Velonidia, beim Kap Maleion, von Skala, in Helos, von Musto, bei Astros, von Lerna und vom Erasinus sorgfältig zu verschiedenen Jahreszeiten genommen; alle diese Quellen bilden Flüsse

bei ihrem Austritt aus den Felsen, liegen nur wenige Meter über dem Meeresspiegel, und zwischen den Breiten  $36^{\circ} 30'$  und  $37^{\circ} 34'$ . Ihre Temperatur fand sich zu allen Jahreszeiten gleich, nahm mit der Breite von  $18^{\circ}$  bis  $17^{\circ}$  C. ab. Das Mittel der Beobachtungen gab  $17^{\circ},6$  C.; und merkwürdigerweise stimmt nicht blofs dieser Mittelwerth mit der Mayer'schen Formel ( $T = 27^{\circ},5 \cos^2 L$ ) überein, sondern auch jede einzelne Beobachtung.

Diese constante und hohe Temperatur der Kephalovrysi, wenn die der Seen im Innern des Landes bis  $+6^{\circ}$ , und, beim Schmelzen des Schnees, selbst bis  $+5^{\circ}$  C. herabsinkt, zeigt uns ebenfalls das Daseyn grosser unterirdischer Seen und Kanäle, ein Resultat, zu welchem die Alten ebenfalls durch Beobachtungen gelangt waren.

»Es giebt im Peloponnes grosse Höhlen im Innern der Erde, wo sich durch den Zusammenflufs der Gewässer ungeheure Seen bilden« (Diodorus Siculus, *Lib. II cap. 41.*)

---

### III. *Beschreibung eines Apparates zur Hervorbringung eines Luftzuges und einiger damit angestellten Versuche; von C. Brunner.*

---

Vor mehreren Jahren beschrieb ich eine Vorrichtung zur Hervorbringung eines Luftzuges, um mittelst desselben die atmosphärische Luft sowohl quantitativen als qualitativen Prüfungen zu unterwerfen. Da dieselbe nicht blofs ihren damaligen Zweck in ausgezeichnetem Grade erfüllte, sondern seither noch zu anderen angewandt wurde, so halte ich es für nützlich, sie nach der neuesten Form noch einmal zu beschreiben und zugleich von einigen damit unternommenen Versuchen Kenntniss zu geben, in der Hoffnung, dafs diese zu anderweitigen Anwendungen veranlassen werden. Da dieser Apparat vielleicht bald zu

den unentbehrlichen gehören dürfte, so will ich ihn mit einem passenden Namen zu bezeichnen vorschlagen, der aus seiner Wirkungsart abgeleitet ist, und nenne ihn *Aspirator*.

Seine Einrichtung, wie er sich für ein gewöhnliches Laboratorium eignet, ist am besten folgende:

*A* und *B* (Fig. 1 Taf. V) sind zwei gleich große cylindrische Gefäße von Blech, jedes von ungefähr  $\frac{3}{4}$  bis 1 Kub. Fuß Inhalt, oben und unten mit Boden geschlossen. Durch eine eiserne Stange *ab*, welche in dem Mittelpunkte der beiden einander zugekehrten Boden befestigt ist, sind dieselben in der Art verbunden, daß sie ungefähr 6 Zoll weit von einander entfernt gehalten werden. Diese Stange hat in ihrer Mitte eine senkrecht auf ihre Richtung befestigte Querstange *cd*, welche als Axe in den beiden hölzernen Trägern *cf, de* sich drehen läßt, so daß nach Belieben das eine oder das andere Gefäß die obere Stelle einnehmen kann. Beide Gefäße sind überdies durch zwei Röhren mit einander verbunden *fg, hi*, die in ihrer Mitte mit Hähnen versehen sind. Der eine dieser Hähne ist ein gewöhnlicher, der andere ist so gebohrt, wie es Fig. 2 Taf. V zeigt, wo *ab* den Luftkanal andeutet. Beide Gefäße tragen eine kurze Messingröhre *k*, welche an einer Seite des Randes angebracht ist und mit einem Korke geschlossen werden kann. Diese Oeffnungen sind bei beiden Gefäßen auf dem nämlichen Punkte angebracht, so daß sie beim Umdrehen des Apparates um seine Axe immer an die nämliche Stelle kommen, und haben auch genau die nämliche Weite. Endlich ist an dem einen Gefäße der ganzen Länge nach eine Glasröhre *lm* angebracht, durch welche der Wasserstand im Innern beobachtet werden kann.

Der Gebrauch des Instrumentes leuchtet von selbst ein. Ist nämlich das obere Gefäß mit Wasser gefüllt, und öffnet man die Hähne so, daß durch den einen das Wasser aus dem oberen in den unteren Behälter abfließt,

während die in dem unteren enthaltene Luft durch den eben beschriebenen Hahn ausströmt, so wird die Atmosphäre den Raum im oberen Gefäße zu erfüllen streben und durch die Oeffnung *k* einströmen. Hier wird also der Apparat anzubringen seyn, der die Substanz enthält auf welche die Luft einwirken soll, entweder in einer Wulfeschen Flasche oder in einer Röhre u. s. w. Ist das Wasser abgelassen, so darf nur *k* geschlossen und der Apparat um seine Axe gedreht werden, um die Operation von Neuem zu beginnen. Um das Gefäß in seiner Lage festzuhalten, ist an dem hölzernen Träger unten ein eiserner Haken angebracht, welcher in eine an dem unteren Behälter angelöthete Hülse (*n*) eingesetzt wird.

Der Aspirator gestattet mannigfaltige Anwendungen. Er dient:

- 1) Zu *eudiometrischen* Versuchen. Hierzu dient am besten die Einrichtung desselben, wie ich sie in dies. Ann. Bd. XXXI S. 1 beschrieben habe, mit Anwendung von Quecksilber oder Oel als Flüssigkeit.
- 2) Als *Hygrometer*; s. Bd. XX S. 274.
- 3) Zur Bestimmung der Kohlensäure und jeder andern in der Atmosphäre befindlichen Substanz; s. Bd. XXIV S. 569.
- 4) Als Abdampfungs-, Sublimations- und Trocknungs-Apparat.

Diese Anwendung gründet sich auf die bekannte Thatsache, daß durch Entfernung des gebildeten Dampfes die Entstehung eines neuen Antheiles in hohem Grade befördert wird. Bekannt ist die von Liebig angegebene Vorrichtung zum Austrocknen (Annalen der Pharmacie, Bd. V S. 139). Zur Abdampfung einer Flüssigkeit kann entweder der nämliche Apparat dienen oder bequemer eine tubulirte Retorte, deren Hals man mit dem Aspirator verbindet und durch deren Tubulirung eine Röhre, entweder bis in die Flüssigkeit oder bis nahe an deren



Oberfläche eingesetzt wird. Diese Abdampfung kann auch als Destillation betrieben werden, erhält jedoch dadurch einige Einschränkung, daß der Dampf von dem Luftstrome weggeführt wird und nicht leicht condensirt werden kann. Nur da, wo er von einer in der Vorlage befindlichen Substanz chemisch aufgenommen werden kann, ist diese Methode zu empfehlen. Sehr leicht geschieht aber auf diese Art die Sublimation von Substanzen, die eine etwas höhere Temperatur verlangen, wie Jod, Calomel, Zinnober u. dgl. Auch hier ist es gut den Dampf in Wasser oder eine andere Flüssigkeit zu leiten, indem man z. B. den Hals der Retorte in eine damit angefüllte tubulirte Vorlage steckt. Da wo bei einer solchen Arbeit der Zutritt des Sauerstoffs schädlich wäre, könnte man die einströmende Luft vorher durch eine Röhre, worin glühende Eisenspähne befindlich sind, leiten, und so die Sublimation in einem Strome von Stickgas vorrichten.

- 5) Als *Verbrennungsapparat* überall wo die Verbrennungsproducte flüchtig sind, und daher beim Verbrennen im freien Raum nicht aufgefangen werden können. Ich habe in dieser Beziehung mehrere Versuche angestellt, die ich hier mittheilen will.

#### Verbrennen von Phosphor.

*Phosphorichte Säure* gewinnt man sehr leicht, wenn man etwas Phosphor in einer etwa  $\frac{1}{2}$  Zoll weiten horizontalen oder in einer zu einer Kugel ausgeblasenen Glasröhre zum Schmelzen erhitzt, dann den Luftzug eintreten läßt, und dafür sorgt, daß die Oxydation des Phosphors bei gelinder Wärme und langsam geschehe, so daß er nie zum hellen Brennen, sondern nur zum Leuchten kommt, wie ich es bei meinen eudiometrischen Versuchen, Bd. XXXI, beschrieben habe. Die entstehende phosphorichte Säure condensirt sich theils in dem hintern Theile der Verbrennungsröhre, die deshalb nicht zu enge

seyn darf, theils in einer Wasser enthaltenden Wulfeschen Flasche, welche zwischen jener und dem Aspirator angebracht ist.

*Phosphorsäure* entsteht, wenn die Oxydation bei lebhaftem Brennen und raschem Luftwechsel geschieht. Am besten gelang diese Bildung mit folgender Vorrichtung. In *a*, Fig. 3 Taf. V, wird der Aspirator angebracht, *b* ist eine kleine Wulfesche Flasche, welche Wasser enthält, *c* eine wenigstens  $\frac{3}{4}$  Zoll weite und eine etwa  $2\frac{1}{2}$  Fufs lange Glasröhre, welche durch einen Kork mit dem Trichter *d* verbunden ist. Dieser Trichter steht mit seinem Rande auf einem flachen irdenen Teller. Unten hat er eine  $\frac{1}{2}$  Zoll weite runde Oeffnung <sup>1)</sup>. Man bringt ein trocknes Stäbchen auf einer Porcellanscheibe so auf den Teller, dafs es der Oeffnung des Trichters nahe kommt, und zündet es, während der Luftstrom geht, mit einem heifsen Eisendraht an. Die entstehende Phosphorsäure legt sich gröfstentheils in schneeartiger Gestalt in der Glasröhre an, nur ein geringer Theil wird in die Wulfesche Flasche übergeführt und daselbst vom Wasser aufgenommen. Sobald der Phosphor verbrannt ist, legt man durch die Oeffnung des Trichters ein neues Stückchen nach, welches sich auf der noch heifsen Scherbe sogleich entzündet, und so wird fortgefahren. Hat sich die Röhre mit Phosphorsäure angefüllt, so löst man diese in dem Wasser der Wulfeschen Flasche auf und setzt die Operation nach Belieben fort.

Bei dieser Verbrennung ist es zwar unvermeidlich, dafs ein geringer Theil des Phosphors sich nur in phosphorichte Säure verwandle, welche, der Phosphorsäure beigemenget, in der Flasche gefunden wird. Man sieht dieses daran, dafs, wenn man die erhaltene Säure in ei-

- 1) Eine solche Oeffnung bohrt man am sichersten, indem man rings um die Stelle eine Wulst von Wachs macht, alsdann concentrirte Fluorwasserstoffsäure auf die Glasfläche giefst, und diese so oft erneuert, bis sie das Glas durchgefressen hat.

ner Platinschale abdampft, bei einem gewissen Grade der Concentration kleine Flämmchen von Phosphorwasserstoffgas entstehen. Durch einige Tropfen Salpetersäure ist es aber leicht auch diese in Phosphorsäure zu verwandeln. Auch wird man finden, daß die Operation schwierig so zu leiten ist, daß nicht ein wenig Phosphor als rothes Oxyd auf dem Scherbe liegen bleibt. Diese immerhin geringe Menge kann aber leicht durch Behandlung mit Salpetersäure auf die bekannte Art in Phosphorsäure verwandelt werden.

In neuerer Zeit hat man beobachtet, daß die aus Phosphor bereitete Säure geringe Mengen von Arsenik enthalte, welche von der zur Bereitung des Phosphors angewandten Schwefelsäure her stammt <sup>1)</sup>. Ich habe selbst diese Angabe bestätigt gefunden. Man weiß aber, daß diese Verunreinigung durch Schwefelwasserstoff leicht entfernt werden kann, und daß das Arsenik auch durch Erhitzung der Phosphorsäure mit phosphorichter Säure, wie dieses beim Concentriren der durch die eben beschriebene Operation gewonnenen Säure ohnehin geschieht, abgeschieden wird. Ich halte daher diesen Umstand für kein wesentliches Hinderniß bei der vorgeschlagenen Methode, welche, in Rücksicht auf Einfachheit und Wohlfeilheit nicht viel zu wünschen übrig läßt.

#### Verbrennen von Schwefel.

Bringt man in dem so eben beschriebenen Apparat statt des Phosphors Schwefel zum Brennen, so erhält man schwefelichtsaures Gas, welches entweder von Wasser aufgenommen oder, nach Umständen, durch Gefäße geleitet werden kann, welche diejenigen Substanzen enthalten, auf die es einwirken soll. Bequemer ist jedoch hier eine Kugelhöhre, Fig. 4 Taf. V. Durch die Oeffnung *a* legt man den Schwefel hinein, während die Seite *b* mit der Wulfeschen Flasche in Verbindung steht. Ehe

1) S. Annalen, Bd. XXXI S. 126.

der Schwefel abgebrannt ist, legt man ein neues Stückchen nach.

Die Aehnlichkeit dieser Verbrennungsmethode des Schwefels mit der Bereitung der schweflichten und der Schwefelsäure im Großen führte mich auf den Versuch, auch diese im Kleinen nachzubilden. Es gelang bald. Führt man nämlich, während der Schwefel in der Kugel brennt, durch *a* ein Glasröhrchen ein, aus welchem Stickstoffoxydgas ausströmt, so daß dieser Strom zugleich mit dem schweflichtsauren Gase und der überschüssigen atmosphärischen Luft durch *b* in einen geräumigen Ballon gelangt, auf dessen Boden etwas Wasser befindlich ist, so wird dieses bald Schwefelsäure enthalten. Es kommt dabei alles darauf an, die Verhältnisse der auf einander einwirkenden Stoffe zweckmäfsig zu leiten. Wie man weifs, so ist dieses auch bei der Schwefelbereitung im Großen der schwierigste Theil. Es dürfte aber, wie ich glaube, nicht sehr schwer halten, durch Versuche die richtigen Verhältnisse des Apparates zu finden; ich möchte sogar glauben, daß man mit Anwendung des Aspirators bei jener wichtigen Fabrikarbeit sicherer als bisher gehen würde. Es versteht sich von selbst, daß dem Apparate eine andere Einrichtung gegeben werden müßte. Als Aspiratorgefäße könnten z. B. zwei neben einander stehende gemauerte Behälter dienen, von denen der eine als Aspirator wirkt, während der andere durch fließendes Wasser, z. B. durch einen Bach, gefüllt wird. Wäre jener leer, so würde der Apparat mit dem mittlerweile voll gewordenen Behälter in Verbindung gebracht, und der erste wieder gefüllt u. s. w.

Ganz besonders eignet sich der Aspirator zur Erzeugung der Schwefelsäure unter Mitwirkung von Platin nach der höchst interessanten Entdeckung Döbereiner's <sup>1)</sup>. Bringt man nämlich Schwefel in der Kugelhöhre, Fig. 4 Taf. V, zum Brennen, und leitet das schweflichtsaure Gas mit der noch unzersetzten Luft durch erhitzten Platin-

1) Vergl. Annalen, Bd. XXIV S. 610.

schwamm, so erhält man sogleich concentrirte Schwefelsäure. Folgende Umstände sind zum Gelingen erforderlichlich:

- 1) Die Verbrennung muß in einer weiten Röhre geschehen, damit ein Ueberschuß von atmosphärischer Luft gegen das schweflichtsaure Gas in die Röhre gelange, welche das Platin enthält.
- 2) Das Platin, am besten als Platinschwamm angewendet, muß auf einen zweckmäßigen Grad erhitzt werden. Eine eben anfangende Glühhitze schien mir am geeignetsten. Bei niedrigerer Temperatur erfolgt keine Bildung von Schwefelsäure und bei starker Glühhitze zerfällt, wie man weiß, die Schwefelsäure in Sauerstoff und schweflichte Säure.

Wendet man bei dieser Operation durch Chlorcalcium getrocknete Luft an, so entsteht rauchende Schwefelsäure, welche aber ihrer Flüchtigkeit wegen schwer zu gewinnen ist, indem sie durch den Luftzug weggeführt wird. Es gelang mir nicht, durch Abkühlung des Apparates mit Aether dieselbe zu condensiren. Trocknet man aber die Luft nicht, oder macht man sie gar feucht, indem man z. B. einen nassen Schwamm an den Eingang der Röhre bringt, so erhält man eine Säure, ungefähr von der Beschaffenheit einer mäsig starken englischen Schwefelsäure. Es könnte auch wohl seyn, daß hiedurch ihre Entstehung befördert würde. Eine Reihe von Versuchen, die ich über diesen Gegenstand angestellt habe, lassen mich mit ziemlicher Bestimmtheit glauben, daß die Methode im Großen ausführbar sey. Es gelang mir bald, durch zweckmäßige Leitung der Operation aus einer abgewogenen Menge von Schwefel eine der Theorie annähernde Menge von Säure zu gewinnen.

Die Wirkung des Platinschwamms hierbei ist immerhin äußerst merkwürdig und räthselhaft. Als bloßer Wärmeträger wirkt er dabei offenbar nicht, denn nimmt man an seiner Stelle eben so erhitzte Porcellanstäbchen,

so entsteht keine Schwefelsäure. Die Ansicht Döbereiner's besteht bekanntlich in der Annahme, er enthalte adhären den Sauerstoff und bewirke die Oxydation durch diesen. Ohne diese Theorie weder vertheidigen noch bestreiten zu wollen, bemerke ich nur, als einen Umstand, der zu berücksichtigen seyn möchte, daß mir die Bildung der Schwefelsäure am deutlichsten zu erfolgen schien, wenn ich den Luftstrom abwechselnd, bald ohne Schwefel zu brennen, dann wieder bei brennendem Schwefel durch das Platin gehen liefs. Indessen könnte diese Wirkung auch auf dem Verhältnisse der durchströmenden Gase beruhen.

Chemiker, denen eine gröfsere Menge, z. B. ein Pfund Platinschwamm, zu Gebote steht, würden sich ein Verdienst erwerben, wenn sie diese Umstände näher untersuchen wollten. Ich zweifle nicht daran, daß, falls die Wirkung des Platins ungeschwächt fortdauert, wie es den Anschein hat, mit Hülfe desselben und mit Anwendung des Aspirators, eine leichte und sichere Bildung von Schwefelsäure erzweckt werden könne.

Da man weifs, daß die schweflichte Säure reduciend auf die selenichte Säure einwirkt, daß Selen weit weniger entzündlich als Schwefel ist, so versuchte ich, durch Verbrennen eines selenhaltigen Schwefels mittelst des Aspirators das Selen abzuscheiden. Es gelang dieses sehr leicht. Verbrennt man nämlich in der Kugelhöhre, Fig. 4 Taf. V, selenhaltigen Schwefel im Luftzuge, so sieht man bald, theils an der oberen Wölbung der Kugel, theils an dem zunächst an dieselbe gränzenden Theile der Röhre, ein rothes Sublimat entstehen, welches, so wie es sich vermehrt, zum Theil ein graphitähnliches Ansehen annimmt. Dieses ist Selen mit ein wenig Schwefel verbunden. Eine geringe Menge Selen gelangt in die mit Wasser gefüllte Wulfesche Flasche und setzt sich daselbst als ein rothes Pulver ab. Löst man es in ätzender Kalilauge auf und setzt die Auflösung 2 bis 3 Tage

Tage der Luft aus, so scheidet sich das Selen rein aus. Ich erhielt auf diese Art ziemlich nahe die in dem angewandten Schwefel enthaltene Menge Selen. Gewiss ist dieses Verfahren geeignet das Selen auf eine leichte Art aus dem Schlamme der Schwefelsäurefabriken abzuscheiden. Mit einer Probe des Lukawitzer Schlammes gelang es ganz gut. Es ist, wie man leicht sieht, die nämliche Operation, durch welche es bei der Darstellung der Schwefelsäure auf den Fabriken in jenen Schlamm gelangt, gewissermaßen eine Wiederholung jener Operation im Kleinen und in zweckmäßigen Verhältnissen.

#### Verbrennung von Kohle.

Diese geschieht am leichtesten in der Kugelhöhre, Fig. 4 Taf. V, indem man erbsengroße Stückchen Holzkohle darin anzündet; die erhaltene Kohlensäure wird durch eine Lage locker eingefüllte Baumwolle geleitet, um den etwa mitgeführten Kohlenstaub und die Asche zurückzuhalten, dann in eine oder mehrere Wulfesche Flaschen, worin die Substanzen enthalten sind, auf welche sie einwirken soll. Ich habe auf diese Weise kleine Proben von doppelt-kohlensaurem Kali und Bleiweiss nach der Thénard'schen Methode bereitet. Die einzige Schwierigkeit bietet der Umstand dar, daß man das kohlensaure Gas mit vielem Stickgas gemengt erhält, in welchem Zustande es etwas weniger leicht von den Flüssigkeiten absorbirt wird als im reinen. Aus diesem Grunde ist es anzurathen, den Gasstrom nur langsam gehen zu lassen.

Bei der Verbrennung von Kohle entsteht neben dem kohlensauren Gase auch oft eine gewisse Menge Kohlenoxyd. Dieses scheint vorzüglich da zu geschehen, wo die Verbrennung so geleitet wird, daß die entstehende Kohlensäure eine Zeit lang mit glühenden Kohlen in Berührung bleibt. Verbrennt man in dem eben beschriebenen Apparat die Kohle langsam, nämlich so, daß sie eben

zu brennen fortfährt, so erhält man fast genau so viel Kohlensäure als die verbrannte Kohle überhaupt liefern kann <sup>1)</sup>).

Eben so wie die Verbrennungsproducte der Holzkohle können auch diejenigen anderer organischer Körper mit Hülfe des Aspirators benutzt oder einer chemischen Prüfung unterworfen werden. Man könnte sogar dieselbe auf Elementar-Analyse stickstofffreier Substanzen anwenden. Ich habe dieses versucht, und einige sehr gute Resultate erhalten, bemerke jedoch, daß diese Anwendung aus mehreren Gründen der Verbrennung im reinen Sauerstoffgas an Zuverlässigkeit nachsteht.

Die Anwendung des Platinschwammes bei der Bildung von Schwefelsäure führte mich auf den Gedanken, mit Hülfe des Aspirators *Lampensäure* zu erzeugen. Bringt man nämlich in eine  $\frac{1}{4}$  Zoll weite Glasröhre in einer Länge von 2 bis 3 Zoll Platinschwamm, erhitzt ihn mit der Weingeistlampe beinahe zum Glühen, und leitet nun einen Luftstrom hindurch, welcher vorher durch eine kleine, Aether enthaltende Wulfesche Flasche hindurchgegangen, so wird der Platinschwamm sogleich glühend, und bleibt in diesem Zustande so lange, als das Gemenge von Luft und Aetherdampf durch ihn hindurchstreicht. Die Producte der Operation können in Wulfeschen Flaschen aufgesammelt werden.

Auch bei dieser Einwirkung hängt der Erfolg gänz-

- 1) Die Verwandlung der vegetabilischen Kohle in Kohlensäure durch den atmosphärischen Sauerstoff kann auf verschiedene Weise geschehen, entweder durch eigentliches Brennen der Kohle auf gewöhnliche Art, oder auch ohne Brennen. Um sich von letzterer Art der Oxydation zu überzeugen, bereite man fein zertheilte Kohle, indem man einen organischen Körper, z. B. Oel, auf einem Platinschälchen abbrennt. Bringt man hierauf unter das, die zurückgebliebene Kohle enthaltende Schälchen eine Weingeistlampe, so wird man sehen wie der Kohlenanflug, ohne zu glühen, verschwindet, gleichsam von dem atmosphärischen Sauerstoff aufgelöst wird.



lich von den Verhältnissen des Luftstromes und den Dimensionen des Apparates ab. Richtet man dieselben so ein, daß der Platinschwamm in einer Länge von 2 Zoll deutlich glüht, so entsteht fast nur Kohlensäure und Wasser, glüht er aber in geringerem Grade, so erhält man die sauren und stechend riechenden Producte der Davy'schen Glühlampe. Ich liefs dieselben von Kalilauge aufnehmen. Diese wurde bald gelb, nahm einen eigenthümlichen, einigermalsen aromatischen Geruch an, und nach einiger Zeit bildeten sich darin röthliche Flocken, die sich zu einem harzähnlichen Körper vereinigten, ohne Zweifel das von Liebig beschriebene *Aldehydharz*. Ich hoffte auf diese Art eine ansehnliche Menge dieser Producte zu gewinnen, so wie auch die Lampensäure als Kalisalz zu erhalten; allein es zeigte sich bald, daß die Ausbeute sehr gering war. Leitet man nämlich die Operation so, wie es zur Vermehrung der Wirkung erforderlich wäre, so geschieht die Verbrennung des Aethers zu vollständig, und läßt man sie nur schwach eintreten, so ist die Bildung jener Producte so unbedeutend, daß sie weit leichter auf dem von Liebig beschriebenen Wege erhalten werden.

Es scheint aber dieser Versuch, der als Collegien-Versuch sehr instructiv ist, die Theorie der Glühlampe dahin aufzuklären, daß er zeigt, daß die Bildung der sogenannten Lampensäure nur eine secundäre Wirkung sey. Der Theil von Alkohol oder Aether, welcher den Draht glühend erhält und an ihm verbrennt, liefert Kohlensäure und Wasser, und nur derjenige Antheil, der nicht vollständig verbrennt, welcher nämlich mit dem nicht glühenden, sondern nur mäßig erhitzten Theile des Platindrahtes in Berührung kommt, erleidet die Zersetzung durch Wärme, wie bei der Liebig'schen Bereitung des Aldehyds, und liefert so die Lampensäure, welche also ein veränderliches Gemenge aller jener Substanzen ist, die bei der Aldehydbereitung erhalten werden.

IV. *Bemerkungen über die Polarisirung des Lichtes durch Spiegelung, besonders an doppeltbrechenden Körpern, nebst einem Auszuge aus Hrn. Mac-Cullagh's Abhandlung über denselben Gegenstand; von A. Seebeck.*

Fresnel war bekanntlich durch seine Theorie der doppelten Strahlenbrechung zu der Ansicht geführt worden, daß beim polarisirten Lichte die Schwingungen des Aethers *senkrecht* gegen die Polarisationssebene erfolgen. Auf diese Vorstellung bezog er sich und Andere bei Entwicklung der Formeln für die Intensität des gespiegelten Lichtes (*Ann. de chim. et de phys. T. XLVI*, und diese *Ann. Bd. XCVIII*). Bei dieser fügte er folgende zwei Voraussetzungen hinzu: 1) die beiden Mittel, an deren Gränze die Spiegelung und Brechung erfolgt, haben *gleiche Elasticität*, aber *ungleiche Dichtigkeit* des Aethers; 2) die der Trennungsfläche parallelen Verschiebungen der Aethertheilchen sind in beiden Mitteln gleich. Unter diesen Annahmen findet sich (mit Beibehaltung der früheren Bezeichnungen) die Amplitude eines Strahls, der vor der Spiegelung parallel der Einfallsebene polarisirt war,  $-\frac{\sin(i-i')}{\sin(i+i')}$  und eines dagegen senkrecht polarisirten  $-\frac{\operatorname{tg}(i-i')}{\operatorname{tg}(i+i')}$ , Formeln, die durch die vorhandenen Beobachtungen bestätigt werden. Nachdem aber aus der strengeren Theorie der doppelten Strahlenbrechung durch Cauchy und Neumann sich ergeben hat, daß die Schwingungen *parallel* der Polarisationssebene zu denken sind, kehren jene Formeln ihre Bedeutung so um, daß die zweite für den ersten Fall und die erste für den zweiten gelten würde, wo sie dann nicht mehr mit der

Erfahrung stimmen. Diese Schwierigkeit hebt sich jedoch, wenn man anstatt der unter 1. gemachten Voraussetzung annimmt, daß der Aether in beiden Mitteln *gleiche Dichtigkeit*, aber *ungleiche Elasticität* besitzt, und dabei die unter 2. genannte Hülfshypothese beibehält. Denn da sich jetzt die in beiden Mitteln in Bewegung gesetzten Aethermassen wie  $\sin i \cos i : \sin i' \cos i'$  verhalten, so hat man nach dem Princip der lebendigen Kräfte:

$$\sin i \cos i (1 - v^2) = \sin i' \cos i' \cdot u^2.$$

Der unter 2. genannten Hülfshypothese zufolge ist aber für einen parallel der Einfallsebene polarisirten Strahl:

$$(1 + v) \cos i = u \cos i',$$

für einen dagegen rechtwinklich polarisirten:

$$1 + v = u;$$

daher für jenen 
$$v = \frac{\sin(i - i')}{\sin(i + i')}$$

für diesen 
$$v = \frac{\tan(i - i')}{\tan(i + i')},$$

also wieder die vorigen Formeln, nur mit entgegengesetztem Vorzeichen <sup>1)</sup>.

Eine ähnliche Aenderung ist an der Berechnung vorzunehmen, welche ich (dies. Ann. Bd. XCVIII) am Kalkspath angestellt habe, wodurch zugleich die dort gegebene Formel sich mit etwas mehr Strenge ableiten läßt, indem die aus der Annahme einer gleichförmigen Elasticität des Aethers entspringende Inconvenienz wegfällt. Nimmt man nämlich die Dichtigkeit in beiden Mitteln als gleich an, so ist für einen in der Ebene des Haupt-

1) Welches auch das Vorzeichen sey, so zeigen die Formeln in jedem Falle, daß dasselbe bei der äußeren Spiegelung entgegengesetzt ist, als bei der inneren, wie dies schon Young voraussetzte bei der Erklärung der Erscheinung, daß die Newton'schen Farbenringe im durchgehenden Lichte complementär sind zu denen im gespiegelten Lichte (s. dies. Ann. Bd. LXXXVIII S. 198), eine Erscheinung, die man sonst viel künstlicher durch den sogenannten Verlust einer halben Welle erklärte, s. Herschel, *Light*, §. 674.

schnitts einfallenden Strahl (mit Beibehaltung der früheren Bezeichnungen)  $\cos \alpha : P \cos \eta$  das Verhältniß der Masse der einfallenden Welle zu der der extraordinär gebrochenen, daher, wenn das einfallende Licht senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirt ist, nach dem Princip der lebendigen Kräfte:

$$\cos \alpha (1 - v^2) = P \cos \eta \cdot u^2,$$

und nach der unter 2 genannten Hülfshypothese:

$$1 + v = u.$$

Also 
$$v = \frac{\cos \alpha - P \cos \eta}{\cos \alpha + P \cos \eta}$$

ebenfalls die frühere Formel mit entgegengesetztem Vorzeichen. Daher ist, wie früher,

$$\cos \alpha = P \cos \eta$$

die Gleichung, welche den Polarisationswinkel  $\alpha$  giebt, für den Fall, daß die Spiegelungsebene dem Hauptschnitt parallel ist.

Hr. Mac Cullagh hat im *London and Edinburgh philos. Magaz. and Journ. of Science*, Febr. 1836, denselben Gegenstand behandelt und die Formeln in größserer Allgemeinheit gegeben. Die Voraussetzungen, von denen er dabei ausgeht, sind folgende: 1) er nimmt an, die Schwingungen geschehen parallel der Polarisations-ebene, modificirt aber Cauchy's Gleichungen so, daß das bekannte dritte Wellensystem wegfällt, und zugleich die Brechung genau so erfolgt, wie nach Fresnel's Theorie; 2) die Resultante der einfallenden und gespiegelten Schwingungen ist in Bezug auf Richtung und Länge gleich der der gebrochenen; 3) der gegen die Einfallsebene senkrechte Druck ist an der Trennungsfläche in beiden Mitteln gleich. Nun denke man sich um den Einfallspunkt *I*, Fig. 5 Taf. V, eine Kugel beschrieben, und es sey *IZ* das Einfallslot, *IP* die Axe des Krystalls, der größte Kreis *ZOE* die Einfallsebene, *IO* der ordinäre Strahl rückwärts verlängert, und *IE* die Normale der extraordinären Welle; man setze  $ZO = \varphi$ ,  $ZE = \varphi'$ ,  $PO = \psi$ ,  $PE = \psi'$ ,  $\angle ZOP = \theta$ ,  $\angle ZEP = \theta'$ ; *i*

sey der Einfallswinkel,  $b$  und  $a$  die umgekehrten Werthe des ordinären und extraordinären Brechungsindex. Jeder der beiden gebrochenen Strahlen kann zum Verschwinden gebracht werden, indem man den einfallenden Strahl in einer bestimmten Richtung polarisirt. Wenn der extraordinäre Strahl verschwindet, bildet die Polarisationsebene des gespiegelten Lichtes mit der Einfallsebene einen Winkel  $\beta$ , für welche:

$$\operatorname{tg} \beta = \cos(i + \varphi) \operatorname{tg} \Theta + 2(a^2 - b^2) \sin \Theta \sin \psi \cos \psi \frac{\sin^2 i}{\sin(i - \varphi)} \quad (2)$$

Wenn der ordinäre Strahl verschwindet, bildet die Polarisationsebene des gespiegelten Lichtes mit der Einfallsebene den Winkel  $\beta'$ , für welchen:

$$\left. \begin{aligned} -\operatorname{tg} \beta' &= \cos(i + \varphi') \cot \Theta' \\ &+ (a^2 - b^2) \frac{\cos 2 \Theta'}{\sin \Theta'} \sin \psi' \cos \psi' \frac{\sin^2 i}{\sin(i - \varphi')} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Wenn  $\beta$  und  $\beta'$  gleich werden, wird die Polarisationsebene des gespiegelten Strahls unabhängig von der des einfallenden, und der Einfallswinkel, bei welchem dies stattfindet, ist der Polarisationswinkel. Daher ist:

$$\left. \begin{aligned} \cos(i + \varphi) \operatorname{tg} \Theta + 2(a^2 - b^2) \sin \Theta \sin \psi \cos \psi \frac{\sin^2 i}{\sin(i - \varphi)} \\ + \cos(i + \varphi') \cot \Theta' \\ + (a^2 - b^2) \frac{\cos 2 \Theta'}{\sin \Theta'} \sin \psi' \cos \psi' \frac{\sin^2 i}{\sin(i - \varphi')} \end{aligned} \right\} = 0 \quad (4)$$

die Bedingungsgleichung für den Polarisationswinkel. Da  $i + \varphi$  einem rechten Winkel sehr nahe kommt, setze man  $i + \varphi = 90^\circ + \delta$ , so ist  $\delta$  eine sehr kleine Gröfse. Zieht man nun  $PR$  senkrecht auf  $ZOE$  und setzt  $ZR = p$ ,  $PR = q$ , so erhält man näherungsweise und mit stillschweigender Beziehung auf die Spiegelung beim Uebergang aus Luft in Kalkspath<sup>1)</sup>:

$$\delta = K \cos^2 q (\cos^2 \varphi - \cos^2 p) \quad \text{wo} \quad K = \frac{(a^2 - b^2)(1 + b^2)}{2b(1 - b^2)} \quad (5)$$

1) Hr. Mac Cullagh spricht eigentlich nur vom gewöhnlichen Kalkspathrhomboëder, indess zeigt das Folgende, dafs die Gleichung (5) auch für andere Kalkspathflächen mit der Beobachtung stimmt.

Wenn die Axe in der Einfallsebene liegt, kann aus der Gleichung (4) abgeleitet werden:

$$\sin^2 i = \frac{1 - a^2 \sin^2 \lambda - b^2 \cos^2 \lambda}{1 - a^2 b^2},$$

wo  $\lambda = ZP$ .

Die letzte Gleichung ist die nämliche, auf welche ich durch meine Rechnung a. a. O. gekommen war, und die mit meinen Beobachtungen sehr gut stimmt. Auch die für andere Azimuthe der Einfallsebene nach den Gleichungen (4) oder (5) berechneten Polarisationswinkel stimmen durchgängig sehr gut mit meinen Messungen (dies. Ann. Bd. XCVII S. 309) überein, indem auf der natürlichen Bruchfläche die Differenzen nicht über 3 Minuten betragen, und auf den übrigen Flächen nicht gröfser sind, als sie nach der früher erwähnten Schwierigkeit, geschliffene Flächen am Kalkspath mit ganz unversehrter Beschaffenheit der Oberfläche herzustellen, erwartet werden können. Brewster's Messungen, auf welche Hr. Mac Cullagh sich zur Bestätigung seiner Theorie bezieht, stimmen für die natürliche Bruchfläche bis auf ungefähr  $\frac{1}{4}$  Grad mit der Rechnung überein; für eine  $5^\circ$  gegen die Axe geneigte Fläche geht die Differenz bis  $\frac{3}{4}$  Grad.

Wenn gleich Hrn. Mac Cullagh's Berechnungen mit meinen Messungen in Beziehung auf die Polarisationswinkel am Kalkspath sehr gut stimmen, so findet dasselbe nicht statt in Betreff der Werthe von  $\beta$  und  $\beta'$ . Ich habe früher erwähnt, dafs, wenn ein Strahl durch die an der Gränze zwischen Luft und Kalkspath erfolgende Spiegelung polarisirt wird, die Polarisationssebene im Allgemeinen nicht mit der Einfallsebene zusammenfällt, sondern mit derselben einen Winkel bildet. Dieser Winkel müfste nun das seyn, was Hr. Mac Cullagh mit  $\beta$  und  $\beta'$  bezeichnet; aber die nach den Gleichungen (2) und (3) berechneten Werthe stimmen mit den von mir angestellten Messungen nicht überein, indem sie z. B. für eine der Axe parallele Fläche, wo jener

Winkel nach der Beobachtung bis an  $4^\circ$  betragen kann,  $\beta$  und  $\beta'$  beständig oder nahe  $=0$  geben, und auch für die natürliche Bruchfläche nicht minder von der Beobachtung abweichen.

Ich benutze diese Veranlassung, die gedachten Messungen, die vor mehreren Jahren mit möglichster Sorgfalt angestellt worden sind, hier mitzutheilen. Ich fand nämlich auf der natürlichen Bruchfläche und auf einer geschliffenen der Axe parallelen Fläche bei verschiedenen Azimuthen der Einfallsebene folgende Werthe dieses Winkels:

Azimuth, $\pi$ .	auf der natürlichen Bruchfläche.	Auf der der Axe paral- lelen Fläche.
$0^\circ 0'$	$0^\circ 0'$	$0^\circ 0'$
22 30	+0 11	+2 43
45	+0 23	+3 57
67 30	-0 48	+2 46
90	-2 30	0 0
112 30	-3 34	
135	-3 38	
157 30	-2 9	
180	0 0	

Ich habe den untersuchten Winkel mit  $+$  bezeichnet, wenn die Polarisationsebene nach derselben Seite gedreht wurde wie der Hauptschnitt, im entgegengesetzten Falle mit  $-$ . Unter dem Azimuth 0 und  $180^\circ$  ist die Lage verstanden, wo der Hauptschnitt parallel der Einfallsebene ist, und zwar bei einem natürlichen Bruchstück 0, wenn die stumpfe Endspitze des Krystalls dem Auge zugewendet ist,  $180^\circ$  wenn sie nach der Seite des einfallenden Lichts gekehrt ist. Für die der Säule parallele Fläche fällt dieser Unterschied fort, indem von  $90^\circ$  bis  $180^\circ$  die vorigen Fälle in umgekehrter Ordnung wiederkehren.

Ueber die Art, wie diese Messungen angestellt sind, bemerke ich: An dem in Bd. XCVI Fig. 1 Taf. 1 abge-

bildeten Instrument ist bei *ff* ein Kreis angebracht, der mit dem Nonius auf 4 Minuten getheilt ist. Derselbe trägt ein  $\frac{3}{4}$  Zoll dickes Kalkspathrhomboëder, auf welches das aus *X* gespiegelte Licht senkrecht auffällt und in zwei Strahlen getheilt wird. Nachdem die zu untersuchende Fläche bei *X* in das verlangte Azimuth  $+\pi$  eingestellt ist, wird der Kreis *ff* mit dem Kalkspathrhomboëder gedreht, bis der ordinäre Strahl verschwindet; sodann wird die Fläche bei *X* in das Azimuth  $-\pi$  eingestellt und der Kreis *ff* abermals bis zum Verschwinden des ordinären Strahls gedreht; der Unterschied beider Ablesungen giebt das Doppelte des gesuchten Winkels. Die hier mitgetheilten Beobachtungen sind sämtlich Mittelwerthe aus mindestens 20 Messungen, und es dürften die auf der natürlichen Bruchfläche angestellten bis auf wenige Minuten zuverlässig seyn; etwas weniger mag diess, wegen der Unvollkommenheit geschliffener Flächen, mit den andern der Fall seyn, doch werden auch diese nicht viel von den wahren Werthen abweichen können.

### V. Temperatur der Thiere bei großer Kälte.

Dafs lebende Thiere auch in kalter Atmosphäre ihre Temperatur unverändert erhalten (Ann. Bd. X S. 594) bestätigen folgende jüngst vom Kapit. Back auf seiner Polarreise gemachten Beobachtungen:

				Temperatur	
				d. Thorax.	d. Atmosphäre.
1833	Oct. 26	Tetrao canadensis Lin. (Gelinotte noir d'amerique)	M.	+43 <sup>0</sup> ,2 C.	-12 <sup>0</sup> ,7 C.
-	- 28		-	+43,0	-15,0
-	- 29		W.	+42,8	-8,3
-	- 29		-	+43,3	-8,0
1834	Mai 18	Tetrao saliceti. Tem. (Lagopède des saules)	-	+42,8	-1,1
-	Jan. 5		M.	+42,4	-19,7
-	- 7		-	+43,3	-32,8
-	- 11		-	+43,3	-35,8

M. bedeutet Männchen und W. Weibchen.

(Compt. rend. 1836, No. 26 p. 621.)



VI. Bemerkungen über die Ursache der Töne,  
welche die Insecten während des Fliegens hören  
lassen; von Dr. Hermann Burmeister,

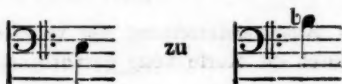
Privatdocenten an der Universität zu Berlin.

Es findet sich bei den Physikern allgemein die Vorstellung, daß der Ton, welchen die Insecten während des Fluges hören lassen, durch den Schlag der Flügel bewirkt werde. Diese Vorstellung kann nur darin ihren Grund haben, daß sich Niemand die Mufe nahm, den Mechanismus der Tonbereitung näher zu untersuchen, eine Behauptung, die mir um so richtiger scheint, als die Bemerkungen, welche ich über das Gesumme der Insecten von Physikern mitgetheilt finde, nur beiläufige sind, die der ganzen Erscheinung bloß beispielsweise gedenken. So sagt Baumgärtner in seiner Naturlehre (3. Aufl. 1829, S. 229) als Erläuterung: »Daher kann ein Insect durch schnellen Schlag der Flügel, ..... einen Schall erregen«; und bei Wilh. Weber heißt es in seiner Abhandlung über die Zungenpfeifen (*Leges oscillationis oriundae, si duo corpora diversa celeritate oscillantia ita conjunguntur, ut oscillare non possunt nisi simul et synchronice, exemplo illustratae tubulorum linguatorum. Halae 1827. 4.*) Seite 1: *Insecta v. c. quaedam volantia motu alarum sonum certae altitudinis proferunt; alae vero neutiquam in ipsis insita earumque partes ad aequilibrium repellente agitantur, sed vi extra alas posita, musculorum nimirum et nervorum.* In beiden Fällen also wird dem sich bewegenden Flügel, als einem vibrirenden Körper, die Ursache des Tones zugeschrieben.

Bei der Auseinandersetzung der verschiedenen Methoden, wodurch die Kerfe Töne hervorbringen, zum Be-

buf der Mittheilung in meinem Handbuch der Entomologie (I. Band, S. 509. Berlin 1832) wurde meine Aufmerksamkeit zuerst auf diesen Gegenstand gerichtet, und ich erkannte bald, dafs die Flügel an sich gar keinen Antheil an der Tonbildung haben, indem das Gesumme des Thieres fortdauert, wenn sie bis auf den Grund abgeschnitten sind. Ich nahm jedoch eine Veränderung der Tonhöhe wahr, und bemerkte, dafs, je mehr vom Flügel abgeschnitten wurde, diese um so mehr zunehme. Das Insect, mit welchem ich damals experimentirte, war *Eristalis tanax*. Dasselbe habe ich jetzt nicht lebend zur Hand; wohl aber einen zweiten noch gröfseren *Zweiflügler*, den *Tabanus bovinus* Ljn.; an diesem habe ich meine Beobachtungen wiederholt und ganz dasselbe Resultat erhalten. So schien es mir nicht unpassend, die Physiker durch eine besondere Mittheilung auf diesen Gegenstand aufmerksam zu machen, und namentlich eine Schilderung zu geben von dem Mechanismus, welcher hier der tonbildende ist.

Zunächst mufs ich bemerken, dafs der Ton, welchen das Insect hören läfst, einer bedeutenden Veränderung überhaupt fähig ist. Mag es seyn, dafs derselbe während des gleichmäfsigen Fluges eine gleiche Höhe und Stärke behält, denn so scheint es in der That; allein jede Veränderung in der Schnelligkeit des Fluges, jede Störung der gewöhnlichen Bewegung überhaupt veranlafst auch eine Veränderung des Tones. Nun kann man sich von der Beschaffenheit des Tones nur dadurch einen Begriff machen, dafs man das Thier etwa an den Beinen festhält und durch Druck oder andere Reizung nöthigt, seine Flugbewegung auszuführen, und somit einen Ton hervorzubringen. Ich fand, dafs auf diese Weise der Ton der genannten Bremsen (*Tabanus bovinus*) von



variire, je nachdem das Bestreben, sich den Störungen des Beobachters zu entziehen, kräftiger oder weniger nachdrücklich ausgeführt wurde. Eine solche Verschiedenheit würde sich freilich bei der Annahme, daß der schwingende Flügel den Ton hervorbringt, aus der verschiedenen Schnelligkeit, mit welcher die Schwingungen gemacht werden, erklären lassen; allein diese Erklärung ist unstatthaft, da dasselbe Phänomen fort dauert, wenn die Flügel ganz abgeschnitten sind; nur eine Aenderung des Tones wird dadurch hervorgebracht, keinesweges die Tonbildung unmöglich gemacht.

Bevor ich nun zur Angabe der wahren Ursache des Tones übergehe, scheint es mir nothwendig eine kurze Beschreibung zu geben von dem Theil des Insectenkörpers, durch welchen allein der Ton hervorgebracht wird. Dieser Theil ist der *Brustkasten* oder *Thorax*.

Bei den *Zweiflüglern* (*Diptera* Linn.) besteht derselbe aus einer einzigen, von einer pergamentartigen, sehr dünnen, elastischen Hülle bedeckten Höhle, die auf ihrer Oberfläche zwar mannigfache symmetrisch gelagerte Buckel und Vertiefungen zeigt (Fig. 7 Taf. III), doch aber überall in sich zusammenhängend ist. Diese Buckel, deren relative Gröfse oder Form bei den verschiedenen Zweiflüglern sehr abweicht, entstehen entweder durch das Ansetzen von Muskeln an die Innenfläche der Hülle, oder durch Luftblasen, Erweiterungen der Tracheen, welche die Lederhaut an dieser Stelle ausdehnen und selbst blasig machen. Der gröfste unter diesen Buckeln ist die gewölbte Scheidewand, welche die Gränze zwischen Brustkasten und Hinterleib bildet (Kirby's *metaphragma*, Fig. 7 *B*), und an die sich in der Richtung von *AB* der grofse Rückenmuskel ansetzt, welcher in Fig. 8 *A* Taf. III der Quere nach durchschnitten erscheint. Auf der Mitte des Rückens bildet der vordere Ansatzpunkt dieses Muskels einen breiten Längstreif. Neben diesem zeigen sich jederseits zwei Buckel, ein vorderer kleine-

rer (Fig. 7 *C*) und ein hinterer gröfserer (Fig. 7 *E*, wo er zum Theil vom Flügel bedeckt erscheint); beide entstehen durch die Seitenmuskeln, welche in der Richtung *CD* und *EF* durch die Höhle des Brustkastens gespannt sind. Sie erscheinen in Fig. 8 ebenfalls durchschnitten, und zwar das vordere Paar zwischen *CD* bei *BB*, das hintere Paar zwischen *EF* bei *CC*. Aufser diesen Seitenmuskeln findet sich noch ein Paar gleich gelegener hinter *EF*, und ein anderes Paar in dem Zwischenraum zwischen *CD* und *EF*, welches eine schiefere Stellung hat, und in Fig. 8 bei *DD* ziemlich in seinem ganzen Verlaufe wahrgenommen werden kann. Diese Muskeln, nämlich der unpaare grofse Rückenmuskel, und die vier Paare der Seitenmuskeln, können die Höhle des Brustkastens in verschiedenen Richtungen zusammenziehen, und zwar der erstere blofs von vorn nach hinten, wobei sich der Rücken mehr wölbt, die anderen vier Paare von oben nach unten, wobei sich die Seiten wölben und der Rücken flacher wird. Die übrigen Buckel sind von geringerm Interesse für uns, und enthalten die Muskeln für die Bewegung einzelner Organe. So liegen z. B. in dem Buckel *G* (Fig. 7) die Muskeln, welche den Flügel spannen und heben, man sieht sie bei Fig. 8 als *EE* und *FF* dargestellt; in dem Buckel hinter *A* liegt der Schließmuskel des Luftloches (Fig. 7 \*); in den Buckeln *a*, *b*, *c*, welche die Hüften der drei Paar Beine sind, die Bewegungsmuskeln der Schenkel u. drgl. m. Die Vertiefungen zwischen den Buckeln sind unwichtig und kommen wenig in Betracht; doch müssen wir *drei* näher bezeichnen, nämlich die eine, worin das vordere Luft- oder Athemloch (*stigma*) liegt (Fig. 7 \*), die zweite, in welcher das hintere Luftloch wahrgenommen wird (Fig. 7 \*\*), und die dritte, in welcher der Flügel sitzt, und die wir in Fig. 8 gerade im Durchschnitt am Grunde jedes Flügels (*dd*) wahrnehmen. So weit der Bau des Brustkastens; wir haben nur noch zu bemerken, dafs die Zwi-

schenräume zwischen den Muskeln von luftführenden Röhren, den *Tracheen*, ausgefüllt werden, und dafs in dem gröfseren Raum unter dem Rückenmuskel der Darmkanal, der Nervenstrang und die Aorta vorlaufen, von dem daselbst bei Fig 8 dargestellten Gabelfortsatz der Bedeckungen getragen.

Als äufsere Organe des Brustkastens findet man die Flügel, die Schüppchen, die Schwingkolben und die Beine. Die *Flügel d* sitzen in einer Vertiefung an der Seite des Brustkastens, welche von einer sehr dünnen Fortsetzung der äufsern Hülle gebildet wird, in schiefer Richtung, wie die Betrachtung von Fig. 7 zeigt. Sie bestehen aus einer Duplicatur der Epidermis, gleichsam aus einer Tasche, die hornige Adern unterstützen und ausspannen. An den Grund dieser Adern setzen sich die Muskeln, wodurch der Flügel ausgespannt und gehoben wird (Fig. 8 *EE — FF*). Hinter dem Flügel sitzt das *Schüppchen*, eine kreisrunde Hautplatte (Fig. 7 *g*), welche senkrecht gestellt ist, mit dem Grund des Flügels zusammenhängt und wieder durch eigene Muskeln bewegt wird. Hinter dieser sitzen ganz am Ende des Brustkastens die *Schwingkolben* (Fig. 8 *f*), welche die Reste der verkümmerten Hinterflügel sind, und gleichfalls durch eigene Muskeln einer selbstständigen Bewegung fähig sind. Von den *Beinen* wurde die Anheftung an die Hüften (Fig. 8 *a, b, c*) schon erwähnt, ihr Bau ist für unsere Untersuchung gleichgültig.

Die Bewegung der Flügel, worauf es zunächst ankommt, wird nun dadurch hervorgebracht, dafs bei der Zusammenziehung der Seitenmuskeln die herabgezogene Rückendecke auf den Grund des Flügels drückt, und dadurch das kurze, frei in die Brusthöhle hineinragende, Grundende des Flügels um den mehr nach ausen liegenden Stützpunkt unter dem Flügel herabdrückt, wodurch das entgegengesetzte Ende steigt; diese Hebung des Flügels wird dann durch die eigenen Hebemuskeln *EE* und

**FF** noch befördert, hört jedoch auf, sobald diese und die mit ihnen gleichzeitig contrahirten Seitenmuskeln erschlaffen. Dadurch sinkt der Flügel wieder hinab, welches Hinabsinken noch durch die Contraction des Rückenmuskels und die damit verbundene Wölbung des Rückens befördert werden kann. Durch diesen Mechanismus schwingt also der Flügel. Zugleich bewirkt aber eben dieser Mechanismus rhythmische Zusammenziehungen und Erweiterungen der ganzen Brusthöhle und der zahlreichen Luftkanäle ihres Inneren. Die Zusammenziehung nun treibt einen Theil der Luft aus, die Erweiterung dagegen läßt eben so viele frische Luft durch die bezeichneten Luftlöcher wieder einströmen, und so ist dann mit der Flügelbewegung auch eine beständige, eben so schnelle, intensive Athmungsbewegung verbunden. *Und diese Athmungsbewegung ist die Ursache des Tons*; sie bringt durch die abwechselnd aus- und einströmende Luft gerade so einen Ton hervor, wie der Luftstrom der *Sirene* tönt, während er nach kurzen Intervallen durch die Löcherchen der Scheibe getrieben wird; oder in einem bekannteren Beispiele, durch einen ähnlichen Mechanismus, wie wir mit dem Munde pfeifen. Ueberraschend ist die Aehnlichkeit des Tons der *Sirene* mit den Tönen mancher Insecten, und entscheidend die Beobachtung, daß der Ton nicht mehr wahrgenommen wird, wenn man die Luftlöcher am Brustkasten verklebt, sonst aber das Insect auf keine Weise verletzt. Freilich stirbt das Thier bald nach diesem Versuch an Erstickung, aber nicht so gleich, weil die Respiration durch die Luftlöcher des Hinterleibes noch eine Zeit lang fort dauern kann. Diese aber geben keinen Ton, weil sie während des Fluges unthätig sind, wie andere Beobachtungen bewiesen haben; durch die Luftlöcher am Hinterleibe athmet das Insect nur wenn es sitzt oder kriecht, dagegen durch die des Brustkastens, sobald es fliegt. Hiernach wäre also das Gesumme der Insecten ein wahres Pfeifen. Die Ver-  
än-

änderung, welche die Verstümmelung der Flügel im Ton hervorbringt, ist leicht erklärt, wenn man bedenkt, daß dadurch der zu bewegend Theil leichter wird, mithin die Bewegung desselben, bei fortdauernder gleicher Anstrengung, schneller; damit ist aber auch ein schnelleres Strömen der Luft gegeben, und dieses muß einen höheren Ton hervorrufen. Umgekehrt wird eine Verletzung des bewegenden Apparates eine langsamere Bewegung, eine langsamere Luftströmung, einen tieferen Ton ergeben.

Ich glaube daß die angeführten Thatsachen und Betrachtungen hinreichende Beweiskraft haben, überlasse es jedoch Jedem, sich durch leicht anzustellende Versuche von der Richtigkeit des Phänomens zu überzeugen.

Es bleibt nur noch zu bemerken, daß ich bei der Darstellung in meinem Handbuch der Entomologie schwingbarer Blättchen Erwähnung gethan habe, die sich hinter der Mündung des Stigmas befinden sollen. Das Vorkommen derselben ist jedoch nicht allgemein; *Tabanus bovinus* z. B. hat sie nicht, wohl aber *Eristalis tenax*. Ich füge eine Abbildung des hinteren Luftloches in 40maliger Vergrößerung bei, in welcher dasselbe von der Innenseite dargestellt ist. Wir finden einen ovalen bandförmigen Schließmuskel oder Sphinkter, an dessen beide Enden sich andere Muskelstreifen ansetzen. Auf der inneren Oberfläche dieses Schließmuskels stehen 16 bis 18 kleine hornige Lamellen senkrecht, welche die Breite des Muskels haben, und in der Mitte durch eine andere longitudinale Hornleiste verbunden sind. Auf der andern, nach außen gewendeten, Seite ist der Schließmuskel von Haut bekleidet, worauf federförmige Haare sitzen, welche den Eingang des Luftloches bedecken wie ein Sieb, und fremde Körper zurückhalten. Ich bin jetzt geneigt, diese kleinen hornigen Lamellen lieber für ein bloßes Gerüst zu halten, welches zur Unterstützung des Schließmuskels dienen könnte, und überlasse es Physi-

kern zu entscheiden, ob und wie weit sie an der Tonbildung Antheil haben. In jedem Falle ist derselbe unbedeutend, da viele Insecten keine solche Blättchen erkennen lassen.

Ich habe ferner einige Einwürfe zu bekämpfen, welche gegen die Richtigkeit meiner Darstellung von der Tonbildung schon laut geworden sind. Hr. Silbermann hat dieselbe, durch Uebersetzung des betreffenden Kapitels meines Werkes für seine *revue entomologique*, in Frankreich bekannt gemacht, und dadurch Hrn. Goureau zu ähnlichen Versuchen veranlaßt. Derselbe findet <sup>1)</sup> Alles von mir Gesagte vollkommen richtig (*parfaitement exact*), nur nicht, daß der Ton aufhöre, wenn das Stigma verschlossen werde, und dieß ist gerade die Hauptsache. Dagegen muß ich nun behaupten, daß allerdings noch Töne gehört werden, so lange das Gummi, welches zum Verkleben verwendet wird, weich ist, und die Luft sich einen Durchgang bahnen kann, hernach aber nicht mehr, wenn dasselbe völlig erhärtet ist. Freilich stirbt dann auch das Thier sehr bald asphyktisch. Hr. Goureau hat diesen Umstand nicht berücksichtigt, vielmehr die Behauptung aufgestellt, daß der Ton durch Reibung der Ränder derjenigen Platten, welche den Brustkasten zusammensetzen, entstehe. Dieß könnte natürlich nur bei den Insecten der Fall seyn, wo wirklich getrennte, durch Nähte verbundene, Platten am Brustkasten vorkommen, und da die Zweiflügler nicht im Besitz solcher sind, auch seine Theorie auf sie keine Anwendung finden. Allein selbst bei den übrigen Ordnungen mit gesonderten Skelettschienen ist seine Meinung unzulässig, einmal weil die Beweglichkeit dieser Schienen wegen der innigen Verbindung ganz unbedeutend seyn kann, und zweitens weil der Ton viel zu stark ist, als daß er durch Reibung so kleiner Flächen erzeugt werden könnte. Daß der schwache

1) *Revue entomologique*, par G. Silbermann. *Strasb.* 1835. 8. Vol. III p. 107.



Ton der zirpenden *Bockkäfer* (*Cerambycina*) bei ruhiger Stellung des Leibes wirklich durch solche Reibung entsteht, ist bekannt, aber auch an der geringen Stärke dieses Tones zu erkennen, daß das laute Gesumme der fliegenden Insecten, welches noch dazu ganz anders klingt, nicht durch solche Reibung entstehen könne.

Endlich habe ich noch zu erwähnen, daß die HH. J. F. Schelver <sup>1)</sup>, Dumeril <sup>2)</sup> und Chabrier <sup>3)</sup> ganz meiner Meinung sind, wenn gleich Schelver in einigen unerheblichen Punkten abweicht. Indefs ist weder ihre Beobachtung, noch die Theorie des Phänomens, ausführlich genug von ihnen mitgetheilt worden.

#### Erklärung der Figuren.

Taf. III Fig. 7. Seitenansicht des Brustkastens von *Tabanus bovinus*, 8 Mal in der Lineardimension vergrößert.

Fig. 8. Querdurchschnitt desselben in der Richtung zwischen *ED* (Fig. 7), eben so.

Fig. 9. Luftloch von *Eristalis tenax*, 40 Mal vergrößert.

#### VII. Elektrische Funken vom Zitterrochen.

(Aus einem Schreiben des Hrn. Matteucci an die Pariser Academie.)

Hr. Matteucci beschreibt zunächst den Apparat des Hrn. Linari. »Der Kupferdraht, welchen Hr. Linari zur Schraubenform aufgerollt hatte, war 577 Meter lang; von dieser Länge besaß er zwei rechts gewundene Schraubendrähte und drei ebene quadratische Spiralen. Einer

1) Wiedemann's Archiv, II. Bd. 2. Hft. S. 210.

2) *Essai sur le vol des Insects.* Paris 1822. 4. p. 40 seq.

3) *Dictionnaire des sciences naturelles*, Vol. I p. 15.

der Schraubendrähte hatte in seinem Innern einen Cylinder von weichem Eisen, 0<sup>m</sup>,635 lang und 0<sup>m</sup>,31 im Durchmesser. Alle diese Schraubendrähte waren mit einander verknüpft und endigten in zwei Silberplatten, die mit isolirenden Handhaben versehen waren. In dem Stück des Drahts, welches den letzten Schraubendraht mit einer der Silberplatten verband, war eine Unterbrechung, und die Drahtenden an dieser Unterbrechung waren in Quecksilber getaucht und wohl amalgamirt. Der Versuch ward auf folgende Weise angestellt: der abgewischte Zitterrochen, auf eine Glastafel gelegt, wurde auf dem Rücken mit der einen, und auf dem Bauch mit der andern Silberplatte berührt. Um das Thier zu nöthigen, sich zu entladen, reizte man es von Zeit zu Zeit, indem man es auf dem Schwanze und den Branchien mit einer der Platten rieb. Zu derselben Zeit wurde eins der in das Quecksilber getauchten Drahtenden schnell herausgezogen und wieder hineingesteckt. Nach mehrmaliger Wiederholung dieser Operation gelang es Hrn. Linari Funken zwischen dem Quecksilber und dem Drahte überspringend zu bekommen, auch ohne die beiden Drahtenden in das Quecksilber getaucht zu halten; man brauchte, zur Erlangung des Funkens, die Drähte nur an einander zu reiben, nachdem sie wohl amalgamirt waren.

Indem Hr. Linari so verfuhr, erhielt er aus einem einzigen Zitterrochen bis gegen zehn Funken hinter einander. Hinsichtlich der Gröfse, des Alters und Geschlechts dieser Thiere war kein Unterschied in der Erzeugung der Funken zu beobachten. Unglücklicherweise gelang es Hrn. Linari nicht, mit den funfzehn Zitterrochen, die er lebend zu seiner Verfügung hatte, genau zu entscheiden, wann eigentlich der Funke erscheine, ob beim Beginn des Stroms oder beim Aufhören desselben <sup>1)</sup>.

1) Doch wohl nur beim Aufhören; denn die Funken sind offenbar gleicher Art mit denen, welche Hr. Faraday in dies. Ann. Bd. XXXIV S. 292 beschrieben hat. P.

Die Zersetzung von gesäuertem Wasser und die dauerhafte Magnetisirung von Stahlnadeln wurden beständig von Hrn. Linari erhalten.

Der Apparat des Hrn. Matteucci war von dem eben beschriebenen nur durch die geringe Länge des Drahts verschieden; sie betrug nämlich nur 300 Meter. Dieser Draht bildete zwei Schrauben, beide doppelt und verbunden; die eine war 0<sup>m</sup>,41 lang und hatte 0<sup>m</sup>,05 im Durchmesser, die andere 0<sup>m</sup>,72 lang und 0<sup>m</sup>,03 im Durchmesser, war in Hufeisenform gebogen. Im Innern der beiden Schraubendrahte befand sich eine Stange weichen Eisens. Mittelst dieses Apparats bekam Hr. Matteucci immer sehr glänzende Funken mit einer in Brunnenwasser getauchten einfachen voltaschen Kette, deren Zink nur 0<sup>m</sup>,12 in Seite hielt. Die Unterbrechung, wo der Funke übersprang, war wie beim anderen Apparate eingerichtet, und der Zitterroche wie beschrieben vorgerichtet. »Ich begann meine Versuche, sagt der Verfasser, indem ich versuchte, Funken ohne den Faraday'schen Apparat zu erhalten. Zwei elliptische Messingplatten, an deren jede ein Kupferdraht gelöthet, deren Enden sich in Quecksilber vereinigten, wurden auf den Rochen gelegt, eine auf den Rücken, die andere auf den Bauch. Gleichzeitig, wie ich das Thier reizte, um ihm eine Entladung abzunöthigen, hob ich die Drähte aus dem Quecksilber und steckte sie wieder hinein. Ein Froschpräparat, auf irgend einen Punkt des Rochens gelegt, zeigte durch seine Zuckungen das Daseyn einer Entladung an.

Sehr lebhafte Zitterrochen wurden geopfert, um auf diese Weise einen Funken zu erhalten, aber immer vergebens. Wenn man dagegen die Entladung des Rochens in den eben beschriebenen Apparat gehen läßt, ist man, nach einigem Probiren, immer sicher, den Funken sehr glänzend auf dem Quecksilber erscheinen zu sehen. Ein einziger Schraubendraht, der hufeisenförmig gekrümmte, reichte dazu hin, Da man nun, fährt Hr. M. fort, den

Funken niemals bei Anwendung eines sehr kurzen Drahts erhält, und dagegen mit den beschriebenen Schraubendrahten sehr leicht, so muß man daraus schliessen, daß der Funke beim Aufhören der Entladung entsteht, in welchem Fall der Inductions- (Extra-) Strom sich dem ursprünglichen Strom hinzufügt.“

Die Versuche über die Erregung der elektrischen Ströme wurden an 36 Thieren angestellt, die Hr. Matteucci sich nach und nach während eines langen Aufenthalts zu Cesenatico verschaffte. Ein ziemlich empfindliches Galvanometer, dessen Draht in Nadeln von Platin auslief und zum großen Theil mit Siegelack überzogen war, diente zu diesen Untersuchungen.

»Ich begann, sagt der Verfasser, die Richtung des Stroms zu bestimmen, und fand, daß er beständig vom Rücken zum Bauche ging. Der Rücken kann als positiver Pol betrachtet werden, der Unterleib als der negative seines Apparats. Die Entladung geschieht in gleichem Sinne, es mag das eine Ende des Galvanometerdrahts die Bauchseite des linken Organs und der andere die Rückenseite des rechten Organs berühren oder umgekehrt. Die Ablenkung im Galvanometer wächst, wenn man die beiden Platinnadeln, statt sie direct auf die Haut der Torpille zu bringen, auf zwei Metallplatten legt, welche den Fisch an den beiden Seiten berühren. Man kann das Organ drücken wie man will, ohne je einen continuirlichen Strom zu erhalten. Man ist fast sicher, einen Schlag zu erhalten, wenn man das Thier zwingt, sich so zu krümmen, daß die Bauchseite concav wird. Nimmt man die Haut, welche das Organ bedeckt, ab, so wird die Ablenkung schwächer, ohne indeß aufzuhören, beständig einzutreten, sobald sich das Thier entladet. Wenn das Thier sich nicht entladet, ist es unmöglich in irgend einem Theile des Organs die geringste Spur eines elektrischen Stroms zu finden. Die Ablenkung bleibt auch aus, sobald die beiden Enden des Galvanometerdrahts zugleich entweder den Rücken oder den Bauch des Fisches berühren. Wenn man von den drei Nervensträngen, die vom Gehirn in das Organ eindringen, die beiden äußeren durchschneidet, hört die Entladung ebenfalls auf. Das Organ der andern Seite, welches man unverletzt gelassen, fährt zu wirken fort. (*Le Temps* vom 20. Juli d. J.)

VIII. *Ueber die Structur und die chemischen Eigenschaften der thierischen Bestandtheile der Knorpel und Knochen; von J. Müller.*

Untersuchungen, welche ich vor einiger Zeit über die Structur und die chemischen Eigenschaften des Knorpels der Knorpelfische <sup>1)</sup> anstellte, führten mich zu weiteren Beobachtungen über die Structur der Knochen und die thierischen Bestandtheile der Knochen und Knorpel bei den Wirbelthieren mit knöchernem Skelet. Einiges davon ist gelegentlich mitgetheilt worden <sup>2)</sup>, dürfte aber den Lesern dieser Zeitschrift weniger bekannt geworden seyn. Mehrere Beobachtungen, namentlich über die chemischen Verschiedenheiten der Knorpel bei den höheren Thieren habe ich noch nicht Gelegenheit gehabt, bekannt zu machen. Ich theile sie hier mit im Zusammenhange mit den übrigen Beobachtungen, welche ein näheres Interesse für die Leser einer physikalisch-chemischen Zeitschrift haben dürften.

Ein Hauptgegenstand der Untersuchung mußte seyn, zu ermitteln, ob der Leim der Knochen und Knorpel mit dem Leim der Häute gleiche Eigenschaften hat, ob sich dieser Bestandtheil der Knorpel in den ossificirenden und permanenten Knorpeln gleich bleibt, ob sich die thierischen Bestandtheile bei der Ossification des Knorpels umwandeln. In der That finden in dieser Beziehung große und constante Verschiedenheiten statt, worüber bis jetzt keine Erfahrungen vorliegen. Die permanenten Knor-

1) Vergleichende Anatomie der Myxinoiden. Abhandlungen der Königl. Academie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahre 1834, S. 65.

2) Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin, 1836. Jahresbericht VI.

pel geben beim Kochen eine Art des Leims, die vom gewöhnlichen Leim ganz abweicht, und welche hinwieder nicht in allen Knorpeln und gar nicht in den Knochen vorkömmt. Die durch Kochen aus dem Knorpel der Knorpelfische gewonnene Materie stimmt in den Hauptpunkten mit dem Leim der permanenten Knorpel der höheren Thiere überein. Indefs giebt es auch hier große Verschiedenheiten, namentlich in Beziehung auf den Gehalt an Kalksalzen, und mit den Verschiedenheiten der chemischen Verhältnisse laufen zum Theil Unterschiede der feineren Structur parallel, die bei einer solchen Untersuchung nicht unbeachtet bleiben dürfen. Die so eigenthümliche Structur der Knorpel bei den Knorpelfischen war bisher noch nicht gekannt. Dagegen ist die Structur der Knorpel bei den höheren Thieren in neuerer Zeit durch mehrere Untersuchungen schon sehr genau bekannt geworden. Um das über die chemischen Eigenschaften der verschiedenen Arten der Knorpel von mir Beobachtete verständlich zu machen, ist es zunächst nöthig, die Hauptverschiedenheiten der Knorpel nach ihrer Structur bei den höheren Thieren namhaft zu machen.

## I. Vom Knorpel der höheren Thiere.

### A. Bau des Knorpels.

So ähnlich die Knorpel nach ihren äusseren Eigenschaften zu seyn scheinen, so ist doch ihre innere Bildung so wenig als ihr chemisches Verhalten gleich, und wenn der Knorpel der Knorpelfische vom Knorpel der übrigen Thiere verschieden erscheint, so giebt es schon bei einem und demselben Thiere wesentliche Unterschiede dieser Substanz. Der Bau des Knorpels der Knochen ist neulich von Purkinje und Deutsch <sup>1)</sup> wesentlich aufgeklärt worden. Sie haben den Knochenknorpel in

1) Deutsch, *de penitiori ossium structura. Diss. inaug. Vratist.* 1834.

feinen Lamellen mikroskopisch untersucht, nachdem die Kalkerde durch Säuren entzogen war. Bei der Untersuchung von transversellen Durchschnitten von langen Knochen sahen sie die Querschnitte der Längkanäle der Knochensubstanz, auf Längendurchschnitten die Längendurchschnitte dieser von Knochenmark gefüllten Kanäle, welche in den spongiösen Knochen durch die Markzellen ersetzt werden. Die Verfasser waren so glücklich die Schichtbildung des Knochenknorpels zu entdecken. Auf transversellen Durchschnitten zeigen sich nämlich um jedes Knochenkanälchen concentrische dünne Streifen, und auf den Radialdurchschnitten sieht man, daß diese concentrischen Streifen der Länge nach verlaufende, die Kanälchen umgebende Lamellen sind, deren Durchmesser  $\frac{1}{80}$ " beträgt. Die Zwischenräume zwischen den Systemen der concentrischen Schichten um die verschiedenen Markkanälchen werden von Lamellen ausgefüllt, die in großen Kreisen um die große Markhöhle des Knochens laufen, und ähnliche Schichten bildet die äußerste Rinde des Knochens. An den breiten Schädelknochen und anderen platten Knochen liegen die Schichten parallel mit der Fläche derselben. Diese Schichten sieht man nicht allein bei mikroskopischer Untersuchung des Knochenknorpels, sondern auch zuweilen ziemlich deutlich bei mikroskopischer Beobachtung feingeschliffener Knochenplättchen. Am Knorpel von Knochen, deren Kalkerde durch Säuren entfernt ist, kann man durch längere Maceration in Wasser auch die Schichten von einander trennen und ablösen. Eine andere sehr interessante Entdeckung von Purkinje ist, daß der mikroskopisch untersuchte Knorpel der Knochen viele zerstreute ovale Körperchen enthält, welche, nach Miescher's <sup>1)</sup> Untersuchungen, nicht allein in den Knorpeln der Knochen, sondern auch im Callus der zerbrochenen Knochen,

1) Miescher, *de ossium genesi structura et vita*. Diss. inaug. Berol. 1836.

in noch nicht ossificirten Skeletttheilen, in den nur in Alter ossificirenden Knorpeln des Kehlkopfes und der Rippen und selbst in pathologischen Ossificationen vorkommen. Nach den von Miescher angestellten Messungen beträgt der Längendurchmesser derselben im Knochenknorpel 0,0048 bis 0,0072, der Breitendurchmesser 0,0017 bis 0,0030 engl. Lin. Im Knochenknorpel liegen die Knorpelkörperchen mehrentheils mit ihrem Längendurchmesser nach der Richtung der Schichten. Sie sind nur wenig undurchsichtiger als die Zwischensubstanz. Ob sie hohl oder solid sind, läßt sich nicht leicht ausmitteln. Zuweilen sieht man in ihnen etwas Feinkörniges, das nicht gerade den ganzen Umfang des Körperchens ausfüllt; so sieht man es auch in den Knorpeln, die noch nicht ossificirt sind, wie an dem knorpeligen Theil des Schädels der Frösche. In den Rippenknorpeln sind die Knorpelkörperchen sehr unregelmäßig, öfter mehrere aneinander gereiht, in vielen sieht man in der Mitte einen Kern. Es gelingt zuweilen, auf feinen Durchschnitten von Rippenknorpeln ein Körperchen am Durchschnittrande zu sehen. Hier zeigt es sich nicht als bloße Höhlung des Knorpels, sondern ragt hervor; es scheint also in den Aushöhlungen der Knorpelsubstanz ein anderer Theil enthalten zu seyn, von dem es zweifelhaft ist, ob er selbst hohl ist. Bei den Knorpelfischen dagegen scheint der Inhalt weicher oder ganz flüssig zu seyn; denn bei *Petromyzon* sieht man an manchen Stellen die gewöhnlichen Knorpelkörperchen, an anderen Stellen ganz deutliche Durchschnitte von großen Zellen mit dünnen Knorpelwänden, und an manchen Stellen sieht man, was man anderswo als Knorpelkörperchen ansprach, durch allmähliche Uebergänge Zelle werden <sup>1)</sup>. Siehe Fig. 6 Taf. IV.

W. und Fr. Arnold <sup>2)</sup> haben am Knorpel der Kno-

1) Vergleichende Anatomie der Myxinoiden, S. 125.

2) Tiedemann's Zeitschrift f. Physiol. Bd. V Hft. 2 S. 226.



chenansätze und an dem ossificirenden Knorpel in den von einander sich loslösenden Stücken eine fasrige Bildung gesehen. Im Knorpel des Erwachsenen sahen sie Räume, die unregelmäßige Vier-, Fünf- und Sechsecke darstellen, zuweilen rundlich oder oval waren. In diesen fanden sich Häufchen von zusammengedrängten Bläschen; in der Zwischensubstanz Fasern. Dafs die Grundmasse des Knorpels wirklich Fasern enthalte, erkennt man noch an einigen anderen Umständen. E. H. Weber führt den faserigen Bruch in dem Knorpel an. Der Knochenknorpel läfst sich nach Extraction der Kalkerde nur in bestimmten Richtungen in ganz feine Lamellen reißen und zersert sich auch in dieser Richtung beim Abreißen der feinen Lamellen; in solchen zerrissenen Lamellen sieht man mit dem Mikroskop besonders leicht eine undeutlich faserige Structur.

Die Knorpelkörperchen des Knochenknorpels sind auch in den Hautknochen derjenigen Thiere, deren inneres Skelet Knorpelkörperchen enthält, wie in den Hautknochen der Gürtelthiere, wo ich sie sehr deutlich fand; gleichwohl sind diese Körperchen keine allgemeine Erscheinung in allen Knochenknorpeln. Ich vermifste sie in den Hautknochen der Ostracion, in den Knochenschildern der Störe, und auch in dem Knochenknorpel des innern Skelets der Knochenfische vermifste ich sie sehr häufig. In krankhaft erzeugten Knochengeweben des Menschen kommen sie häufig vor. In einer Ossification im Deltamuskel des Menschen, dem sogenannten Exercirknochen, waren die Körperchen deutlich, in Ossificationen der Aorta fand sie Miescher nicht; in den kalkhaltigen Concretionen, welche für bloße Depositionen von Kalksalzen, nicht aber für organisirte Knochen zu halten sind, darf man sie nicht erwarten.

Im Knochenknorpel des Menschen, der Säugethiere, Vögel, Amphibien scheinen die Knorpelkörperchen allgemein zu seyn, aber in den übrigen Knorpeln des Men-

schen und der Säugethiere sind große Verschiedenheiten, welche von Hrn. Miescher entdeckt worden. Nach ihrem Bau gehören nämlich die Knorpel drei verschiedenen Klassen an.

1) Die erste umfasst die Knorpel mit deutlichen Körperchen. Hieher gehören die mehrsten sogenannten permanenten Knorpel, die nur in einzelnen Fällen bei den Thieren oder im Alter beim Menschen ossificiren, wie die Rippenknorpel, die Knorpel des Kehlkopfes und der Luftröhre, die Nasenknorpel (auch der Knorpel der eustachischen Trompete, wie ich beim Kalb sehe), und die Gelenkknorpel. Diese Knorpel zeichnen sich mit vor den übrigen durch ihre Tendenz zur Verknöcherung aus. Die Rippenknorpel stellen schon bei mehreren Säugethieren Sternalrippen dar. Die Kehlkopfknorpel verknöchern leicht beim Menschen. Die Nasenflügelknorpel enthalten eine Ossification bei mehreren Säugethieren, es sind die Rüsselknochen; der Knorpel der Nasenscheidewand beim Frosch knorpelig, erscheint bei *Dactylethra* und *Pelobates* ossificirt. Selbst bei den Säugethieren giebt es Fälle von regelmäßiger Verknöcherung der knorpeligen Nasenscheidewand. Man kannte diese Erscheinung bisher nur von einem fossilen Säugethiere, dem *Rhinoceros tichorhinus*; ich habe sie auch bei einem Säugethiere der lebenden Welt beobachtet, es ist das aethiopische Schwein, *Phacochoerus aethiopicus*, im alten Zustande.

2) Die zweite Klasse der Knorpel umfasst diejenigen mit ganz spongiöser, durch und durch zelliger Bildung, wobei die Knorpelsubstanz bloß die Wände der ansehnlichen Zellen einnimmt. Miescher hat diese Bildung in einigen entweder gar nicht oder sehr schwer ossificirenden Knorpeln entdeckt. Es sind der Ohrknorpel, der Knorpel des Kehldeckels und die knorpeligen Fortsätze am vorderen oberen Rande der Cartilagine arytenoideae des Schweines und Ochsen, welche den San-

torinischen Knorpeln zu entsprechen scheinen. Verknöcherungen in den Knorpeln dieser Klasse sind äußerst selten. Leuckart hat eine regelmässige Ossification im Ohrknorpel des Meerschweinchens, *Cavia aperea*, entdeckt; sie fehlt schon, wie ich sehe, bei dem verwandten *Aguti*. Von pathologischer Ossification des Ohrknorpels kenne ich nur einen einzigen Fall, nämlich im hiesigen Museum; an einem Kehildeckel in derselben Sammlung befinden sich einige Knochenpunkte.

3) Die dritte Klasse umfaßt die eigentlichen Faserknorpel, Zwischengelenkknorpel, Bandscheiben der Wirbel, deren innere Bildung nach Miescher aus Fasern besteht, und welche sich nahe an das Sehngewebe anschließen; hieher gehört unter den Knorpeln der Sinnesorgane allein der Augenliedknorpel. Die von Bichat zu den Faserknorpeln gerechneten Knorpel der Nase, des Ohrs und der Luftröhre gehören, wie Miescher zeigt, nicht dahin. Die Faserknorpel verknöchern schwer, aber man sieht diese Veränderung zuweilen in den ligamenta intervertebralia. Wir werden sehen, daß die chemische Untersuchung uns auch wesentliche Unterschiede unter den Knorpeln zeigt.

**B. Verschiedene Arten des Leims in den Knorpeln, Knochen und anderen Geweben.**

Unter den Versuchen, die thierischen Gewebe nach ihren näheren chemischen Bestandtheilen zu ordnen, scheint mir keine Eintheilung glücklicher und naturgemäßer als die Unterscheidung der eiweißartigen und der leimgebenden Gewebe. Die Klasse der eiweißartigen Körper umfaßt bekanntlich das Eiweiß im engeren Sinne, den Faserstoff und den Käsestoff; die beiden ersteren gehen in die Zusammensetzung thierischer Gewebe ein. Die essigsaure Auflösung dieser Stoffe wird, wie Berzelius zeigt, von rothem Cyaneisenkalium gefällt. Die zweite Klasse der Gewebe, welche eben die der leimgebenden Gewebe

genannt wurde, umfaßt die niederen, welche zum Theil mehr durch ihre physikalischen Eigenschaften nützlich sind; ihre essigsaurer Auflösung wird von Cyaneisenkalium nicht gefällt. Hieher gehören, nach Berzelius, Zellgewebe, äußere Haut, Knorpelgewebe, Schnengewebe, elastisches Gewebe. Die einfachen Materien aber, deren essigsaurer Auflösung von rothem Cyaneisenkalium nicht gefällt wird, sind bekanntlich Leim, Osmazom und Speichelstoff. Der erstere geht hauptsächlich in die Zusammensetzung der niederen Gewebe ein. Berzelius unterscheidet beide Klassen der Körper durch das Verhalten zum Kaliumeiseneyanid, und dieser Unterschied ist auch allein durchgreifend, so lange man annimmt, daß die innere Haut der Arterien oder das elastische Gewebe beim Kochen keinen Leim gebe, und daß es auch nicht leimgebende Knorpel gebe. Eulenberg hat nun beobachtet, daß das elastische Gewebe in dieser Hinsicht keine Ausnahme macht, obgleich es selbst nach sehr langem Kochen elastisch bleibt. Alles elastische Gewebe, auch die mittlere Haut der Arterien, giebt nach lange genug (48 Stunden) fortgesetztem Kochen entschieden Leim, und man erhält aus den schon ausgezogenen Theilen durch neues Kochen immer wieder neuen Leim, so daß man den Leim nicht bloß vom Zellgewebe herleiten kann. Diefes wird auch dadurch bewiesen, daß, wie ich fand, der Leim des elastischen Gewebes sich durch seine Reactionen vom Leim des Zellgewebes unterscheidet. Auch die innere Haut der Arterien gehört zu den leimgebenden Geweben. Die Eintheilung der Knorpel in leimgebende und nicht leimgebende, welche ausgezeichnete Autoritäten, wie Berzelius und E. H. Weber für sich hat, scheint mir in aller Strenge auch nicht mehr festzuhalten; diese Unterscheidung verschwindet zum Theil, wenn man das Kochen der Gewebe 12, 24, 48 Stunden fortsetzt. Miescher fand schon, daß die Kehlkopfknorpel in 15 Stunden durch Kochen in Leim gelöst wurden. Dasselbe

gelang mir in 12 bis 15 Stunden; dieser Leim gelatinirt vollkommen. Berzelius rechnete schon die Rippenknorpel zu den leimgebenden; in der That stimmen sie ganz mit den Kehlkopfknorpeln, und der Leim bildet auch eine gute Gallerte. Ich erhielt auch aus den Gelenkknorpeln, welche die Oberfläche der Gelenkköpfe bedecken, in 18 bis 20 Stunden gelatinirenden Leim. Zwischengelenkknorpel, wie die Cartilagines semilunares gaben mir ferner nach sehr langem Kochen gelatinirenden Leim.

Da die Nasenknorpel mit den Kehlkopf- und Rippenknorpeln, die Augenliedknorpel mit den Faserknorpeln durch ihre Structur übereinstimmen, so ist es wahrscheinlich, dafs sie auch Leim geben. Es bleiben daher von den Knorpeln, welche Berzelius und E. H. Weber als nicht leimgebend ansehen, nur die Ohrknorpel übrig. Diese bilden allerdings, wie Miescher fand, mit dem Kehldeckel eine eigene Klasse von Knorpeln, die spongiösen Knorpel, deren anatomische Charaktere vorher angeführt worden sind; und merkwürdig genug zeichnen sich diese Knorpel vor allen anderen dadurch aus, dafs man selbst in 36 bis 48 Stunden keinen gelatinirenden Leim aus ihnen durch Kochen gewinnt. Die geringe Menge von Extract, die man aus ihnen gewinnt, bleibt nach dem Eindicken nur syrupartig. Nach 36 stündigem Kochen gelatinirte das Extract nicht in Miescher's Versuch, und dasselbe Resultat erhielt ich bei 48 stündigem Kochen. Da indess auch der Leim der Fischknochen nicht recht gelatinirt, obgleich er in allen Eigenschaften mit Leim übereinkömmt, da ferner das durch Kochen gewonnene Extract der Ohrknorpel chemisch fast ganz mit der gelatinirenden Leimart von Gelenkknorpel, Kehlkopfknorpel, Rippenknorpel übereinstimmt, wie ich fand, so scheint mir kein hinreichender Grund mehr für eine solche Trennung der Knorpel in leimgebende und nicht leimgebende vorhanden zu seyn. Die Gewebe, deren essig-

saure Auflösung durch Cyaneisenkalium nicht gefällt wird, oder die nicht eiweisartigen Fasern der Haut, Sehngewebe, Zellgewebe, elastisches Gewebe, Knorpelgewebe können also wohl unter dem gemeinsamen Namen der leimgebenden Gewebe zusammengefaßt und als solche den eiweisartigen gegenübergestellt werden. Die Zeit, welche nöthig ist, um thierische Materie aus diesen Geweben auszuziehen, ist sehr verschieden. Bald geben Sehngewebe, Zellgewebe, Knochengewebe (geraspelte Knochen) Leim, am schnellsten vielleicht Hirschhorn; später die permanenten Knorpel mit Knorpelkörperchen und die noch knorpeligen Theile des Skelets des Neugeborenen, dann die Faserknorpel, noch später das elastische Gewebe; am spätesten erhält man einiges Extract aus den spongiösen Knorpeln wie Ohrknorpel. Da die Klasse der eiweisartigen Körper Stoffe von großen Verschiedenheiten in sich schließt, wie Eiweiß, Faserstoff, Käsestoff, so sollte man glauben, auch die vielen Körper, welchen das Kochen ein gelatinirendes Extract entzieht, müßten nicht alle eine und dieselbe Materie in diesem Extract liefern. So ist es auch. Es giebt nämlich zwei Hauptverschiedenheiten des Leims, den gewöhnlichen *Leim*, *Tischlerleim*, *Colla*, und eine davon sehr verschiedene Leimart, die man *Knorpelleim*, *Chondrin* nennen kann. Ich entdeckte diese Materie zuerst in einer pathologischen Knochengeschwulst von knorpelig weichem Inhalt in der blasig aufgetriebenen Rinde des Knochens; hernach fand ich dieselbe Materie in den permanenten Knorpeln, mit Ausschluss der Faserknorpel, in denen sie fehlt. Das durch langes Kochen aus den Knorpeln der Knorpelfische gewonnene Extract steht dieser Materie sehr nahe, obgleich jene schlecht oder gar nicht, diese sehr gut gelatinirt, und der Leim des elastischen Gewebes zeigt auch eine theilweise Uebereinstimmung damit.

1) *Colla*, *Tischlerleim*, Leim der Knochen, Sehnen, Häute, Hausenblase. Die Charaktere dieses Leims sind  
be-

kannt, wie auch, daß sich Hausenblase von gewöhnlichem Leim oder Tischlerleim nur durch ihre größere Löslichkeit in Weingeist unterscheidet. Der Leim wird von Galläpfelinfusion, Chlor, Weingeist, Quecksilberchlorid, schwefelsaurem Platinoxid, Platinchlorid gefällt; er wird dagegen nicht von Salzsäure, Essigsäure, essigsaurem Blei, Alaun, schwefelsaurer Thonerde, schwefelsaurem Eisenoxid niedergeschlagen. Das schwefelsaure Eisenoxid fällt anfangs den gewöhnlichen Tischlerleim nicht; nach einiger Zeit stellte sich jedoch, bei Versuchen mit käuflichem Tischlerleim, ein Niederschlag ein, dieser löste sich in der Wärme wieder auf.

2) Knorpelleim, Chondrin. Diese Materie findet sich in den permanenten Knorpeln mit Ausnahme der Faserknorpel; man gewinnt sie durch 12-, 15-, 18stündiges Kochen aus den Knorpeln des Kehlkopfs, den Rippenknorpeln, Gelenkknorpeln, und kann sie bei lange genug fortgesetztem Kochen ganz darin auflösen. Sie ist eingedampft farbloser als Tischlerleim. Sie gesteht beim Kaltwerden einer eingedampften Lösung eben so gut wie Leim; die Gallerte ist klar; im getrockneten Zustande ist die Materie weniger braun als gewöhnlicher Leim. Stimmt der Knorpelleim durch das Gelatiniren, durch sein Aufquellen von kaltem Wasser und Gelöstwerden von heißem Wasser, durch seine Reactionen gegen Galläpfelinfusion, Chlor, Weingeist, Quecksilberchlorid mit gewöhnlichem Leim ganz überein, so unterscheidet er sich ganz davon durch sein Verhalten gegen Alaun, schwefelsaure Thonerde, Essigsäure, essigsaures Blei und schwefelsaures Eisenoxid. Alle diese Materien fallen den Knorpelleim, während sie den gewöhnlichen Leim nicht im geringsten trüben. Am stärksten sind die Niederschläge von Alaun und schwefelsaurer Thonerde; sie bilden grobe, weiße, compacte Flocken, welche sich leicht zusammenballen. Der Niederschlag von Essigsäure ist feiner vertheilt und macht die Auflösung stark weiß getrübt;

die Niederschläge von essigsaurem Blei und schwefelsaurem Eisenoxyd bilden kleinere oder größere Flocken, nach dem Grade der Concentration der Auflösung. Um allen Knorpelleim aus einer Auflösung auszufällen, reicht äußerst wenig von einer Auflösung von Alaun oder von schwefelsaurer Thonerde hin. Diese Niederschläge lösen sich in kaltem und heißem Wasser nicht wieder, wohl aber in einer Auflösung von Alaun oder von schwefelsaurer Thonerde wieder auf, wenn man viel von dieser Auflösung zusetzt. Um den Knorpelleim aus einer Auflösung ganz auszufällen, muß man daher nur tropfenweise von einer Auflösung von Alaun oder schwefelsaurer Thonerde hinzugießen. Durch Abdampfen des Filtrates überzeugt man sich leicht, daß aller Knorpelleim ausgefällt worden. Das abgedampfte Filtrat gelatinirt nicht mehr und enthält überhaupt nur ein Minimum von thierischer Materie mehr. Hieraus ergibt sich, daß der Knorpelleim oder das Chondrin die Ursache des Gelatinirens des Extractes von permanenten Knorpeln ist, und nicht etwa als eine zweite Materie neben gewöhnlichem Leim vorhanden ist. Wahrscheinlich ist der Niederschlag von Alaun und schwefelsaurer Thonerde eine Verbindung von Chondrin mit Alaun oder schwefelsaurer Thonerde oder mit Thonerde, welche Verbindung in kaltem und heißem Wasser unlöslich, in überschüssigem Alaun oder schwefelsaurer Thonerde löslich wird. Der Niederschlag des Chondrins von Essigsäure wird von mehr Essigsäure *nicht* wieder aufgelöst, neutralisirt man aber die Säure durch kohlen-saures Kali, so wird der Niederschlag wieder aufgelöst. Die Niederschläge von Alaun, von schwefelsaurer Thonerde und Essigsäure werden von wenig zugesetztem essigsaurem Kali, Natron oder Chlornatrium nicht aufgelöst; versetzt man aber eine Auflösung von Knorpelleim, worin dieser durch Alaun, schwefelsaure Thonerde oder Essigsäure niedergeschlagen worden, mit sehr viel essigsaurem Kali, Natron oder Kochsalz, so



löst sich der Niederschlag vollständig wieder auf. Der Niederschlag des Chondrins von essigsauerm Blei wird durch überschüssig zugesetztes essigsaueres Blei nicht wieder aufgelöst. Schwefelsaures Eisenoxyd bewirkt auf der Stelle einen sehr starken Niederschlag, der sich von mehr schwefelsauerm Eisenoxyd nicht, wohl aber in der Hitze auflöst.

Salzsäure im Minimum einer Auflösung von Knorpelleim zugesetzt, bewirkt eine Fällung; um diese Fällung zu bewirken, darf jedoch bei einer Probe nur etwas von einem Tropfen Salzsäure angewandt werden, mehr Salzsäure fällt den Knorpelleim nicht und bleibt derselbe ganz klar. Die Auflösung des Chondrins in Salzsäure wird von Kaliumeisencyanid nicht niedergeschlagen.

Eine ganz concentrirte Lösung von Knorpelleim wird von liquor kali caustici nicht getrübt, aus einer concentrirten Lösung von Leim schlägt Kalihydrat viel nieder, und dieser Niederschlag enthält, nach Berzelius, viel phosphorsaure Kalkerde. Von Platinchlorid wird der Knorpelleim getrübt, von salpetersauerm Silber dagegen kaum getrübt.

Weingeist fällt das Chondrin wie den Leim, und wenn er zu einer eingedampften Lösung zugesetzt wird, in weissen, consistenten, fadenartigen Flocken; wird der Weingeist abfiltrirt und Wasser zugesetzt, so wird der Niederschlag wieder durchscheinend und in heissem Wasser löst er sich ganz auf. Hierin stimmt das Chondrin mit Colla überein. Was der Weingeist auszieht (Osmazom), ist, abgedampft, in Wasser wieder löslich, und wird von Galläpfeltinktur getrübt. Der Niederschlag der eingedampften Auflösung des Chondrins von Weingeist, in Wasser wieder aufgelöst, wird wieder, wie vorher, von Alaun, schwefelsaurer Thonerde, Essigsäure, essigsauerm Blei und schwefelsauerm Eisenoxyd gefällt. Das eingedampfte Weingeistextract des Chondrins in Wasser gelöst, wird von eben diesen Stoffen gefällt.

Die Niederschläge von jenen Stoffen enthalten also dieselbe Materie wie der Niederschlag der eingedickten Lösung von Weingeist.

Wir kennen unter den gewöhnlichen thierischen Materialien bis jetzt nur eine einzige, welche von Essigsäure fällbar ist, nämlich Käsestoff. Dieser unterscheidet sich von dem Knorpelleim durch das Gelatiniren der abgedampften Lösung des letztern, so wie durch das Verhalten zur Salzsäure und zum Kaliumeisencyanid. Die saure Auflösung von Käsestoff wird von Kaliumeisencyanid niedergeschlagen, wie Berzelius bemerkt, die salzsaure Lösung von Chondrin nicht. Die Salzsäure fällt den Käsestoff, das Chondrin läßt sie aufgelöst, und bewirkt bloß dann einen Niederschlag, wenn ein Minimum davon zugesetzt wird. Auch das in der Schleimhaut des Lab's enthaltene Verdauungsprincip, welches durch sehr verdünnte Säuren daraus ausgezogen werden kann, kann zur Untersuchung von Chondrin und Käsestoff angewandt werden. Dieß Princip (*pepsin*), welches im sauren Zustande im Minimum lösend auf thierische Nahrungsmittel wirkt, das geronnene Eiweiß dabei in Osmazom und Speichelstoff umwandelt <sup>1)</sup> und Monate lang aufbewahrt, dieselbe spezifische Wirksamkeit auf Thierstoffe behält, macht auch im neutralen Zustande die Milch bei einem gewissen Verhältniß der Quantitäten, gerinnen, wie Schwann zeigte; auf das Chondrin hat es im neutralen Zustande keinen Einfluss. Die Anwendung der Essigsäure zur Erkennung des Käsestoffs dürfte übrigens fort hin Vorsicht erfordern, da sie offenbar zur Erkennung dieses Stoffes nicht hinreicht.

1) S. über diese Wirkungen: Eberle Physiologie der Verdauung. Würzburg 1834. J. Müller und Schwann über die künstliche Verdauung des geronnenen Eiweißes, in Müller's Archiv für Anat. und Physiol. 1836, 1; und über die chemischen Eigenschaften des Verdauungsprincips; die wichtige Arbeit von Schwann. Ebend. 1. und 2.

Ich habe mir die Frage aufgeworfen, ob die verschiedenen Reactionen des Leims und Chondrins nicht von der Bereitung des erstern herrühren, und ob derselbe, im ganz reinen Zustande und aus frischen Theilen bereitet, sich nicht vielleicht wie Chondrin verhalte, oder ob vielleicht der Knorpelleim erst durch das lange Kochen aus anderem Leim erzeugt wird. Die Bereitung ist indess nicht Ursache der Verschiedenheit. Dafs die eigenthümlichen Reactionen des Knorpelleims nicht erst durch das lange Kochen entstehen, kann leicht bewiesen werden; denn auch Faserknorpel und die Haut erfordern langes Kochen um Leim zu geben, dieser Leim ist aber Colla und kein Chondrin. Ausserdem ist 15- bis 18stündiges Kochen, wie es zur Auflösung von Rippenknorpeln, Kehlkopfknorpeln in Chondrin nöthig ist, kein grofser Zeitraum für Leimbildung, wenn es auf die gänzliche Auflösung einer Substanz ankommt. Dann geben diese Knorpel schon nach 6- bis 8stündigem Kochen so viel aufgelöstes Chondrin, dafs man, wenn auch keine Gelatina bereiten, doch sehr gut die eigenthümlichen Reactionen des Chondrins erkennen kann. Endlich bleibt auch der Leim nach langem Kochen in Hinsicht der Reactionen dieselbe Materie. Die keineswegs sorgfältige Bereitung des Tischlerleims im Grofsen ist auch nicht die Ursache der Reactionen desselben. Schon der reinste käufliche Leim, die Hausenblase, unterscheidet sich so bestimmt vom Chondrin wie Tischlerleim. Um aber noch sicherer zu gehen, habe ich mir selbst Leim aus ganz frischen Theilen, nämlich von Sehnen, von Haut, bereitet. Dieser Leim verhält sich eben so verschieden von Chondrin, und gleicht, bis auf die reinere und hellere Färbung, ganz dem Tischlerleim. Auch den aus geraspelttem Hirschhorn und geraspelten Knochen, so wie den ganz gleichen, aus Knochenknorpel, nach Extraction der Kalksalze, bereiteten Leim finde ich ganz von dem Knorpelleim verschieden. Ich mufste mir ferner die Frage aufwerfen, ob die Verschie-

denheiten des Leims und Chondrins nicht von der Verbindung eines Salzes oder andern Körpers mit einem von beiden herrühren, so z. B. dafs Chondrin, mit einem Salze verbunden, Leim wäre. Ein Umstand erinnert daran, dafs nämlich die Fällungen des Chondrins von Alaun, schwefelsaurer Thonerde und Essigsäure aufgehoben werden, wenn sehr viel essigsaures Kali oder sehr viel Kochsalz zu der Lösung von Chondrin gesetzt wird. Die Menge des Salzes, welche nöthig ist, um diese eigenthümlichen Reactionen des Chondrins aufzuheben und es gleichsam dem Leim ähnlich zu machen, ist indess sehr grofs, und diefs ist jener Idee nicht günstig, wenn sie auf der andern Seite einige Stütze dadurch erhält, dafs es hinwieder nach Berzelius Verbindungen des Leims mit Salzen, z. B. essigsaurem Kali und schwefelsaurem Kali giebt. Man könnte ferner auch in dem Chondrin eine Verbindung von einem Salz mit Leim vermuthen. Diese Hypothese würde aber die Aufhebung der eigenthümlichen Reactionen des Chondrins gegen Alaun und Essigsäure durch essigsaures Kali und Chlornatrium nicht aufklären. Die Verbindungen von essigsaurem Kali und Leim und die Verbindung von schwefelsaurem Kali mit Leim haben übrigens keine Aehnlichkeit mit Chondrin. Denn die erstere Verbindung ist in Alkohol löslich, die zweite krystallisirt beim Verdunsten des Wassers.

Da der Leim viel phosphorsaure Kalkerde enthält, so könnten Leim und Chondrin durch diese Verbindung ihre Verschiedenheiten erhalten. Der Umstand, dafs eine Lauge von kaustischem Kali aus einer concentrirten Auflösung von Leim phosphorsaure Kalkerde niederschlägt, dafs dieselbe aber nichts aus einer concentrirten Auflösung von Knorpelleim fällt, könnte dieser Idee günstig seyn, und eine Bestätigung würde um desto wichtiger seyn, als aufser dem Leim der Sehnen und Häute gerade der Knochenleim, dessen concentrirte Lösung, wie ich sehe, auch von Kalibhydrat gefällt wird, sich an den ge-

wöhnlichen Leim anschliesst, während der Leim des noch nicht ossificirten Theils des Knochens sich wie permanenter Knorpel verhält, und beim Kochen, statt Leim, Chondrin giebt. Die Natur des Chondrins würde sich dann durch Verbindung mit phosphorsaurer Kalkerde zur Zeit der Ossification umwandeln, und diese Verwandlung zur Osteogenese nothwendig seyn, so wie sich factisch in den Knochen Chondrin in Leim umbildet, und pathologisch in weichen knorpeligen Knochengeschwülsten wieder Chondrin zum Vorschein kommt, wie ich hernach ausführlich erweisen werde. Um sich länger bei dieser Idee, dass Knorpelleim durch Bindung von phosphorsaurer Kalkerde in Leim sich umwandeln könne, aufzuhalten, müsste sie indess durch eine Gegenprobe unterstützt werden können, welche fehlt. Ich habe versucht Chondrin mit phosphorsaurer Kalkerde zu verbinden, indem ich eine Auflösung von Knorpelleim mit saurer phosphorsaurer Kalkerde versetzte und die Säure dann durch kohlensaures Kali neutralisirte, wodurch die neutrale phosphorsaure Kalkerde gefällt wurde. Ich erwartete, dass sich ein Theil der phosphorsauren Kalkerde mit dem Knorpelleim auflöslich verbunden haben würde, und hoffte, die Reactionen dieser Verbindung zu untersuchen; allein nachdem filtrirt worden, enthielt das Filtrat keinen Knorpelleim mehr, denn Galläpfeltinktur schlug daraus nichts nieder. Ich versuchte diese Bindung auch in der Art, dass ich eine ganz concentrirte Auflösung von Knorpelleim mit Kalkwasser versetzte und durch Phosphorsäure neutralisirte. Das Filtrat hatte aber noch alle Eigenschaften des Knorpelleims. Auch das mit Kalkwasser versetzte Chondrin behält seine Reactionen gegen Essigsäure und essigsaures Blei. Der Niederschlag von schwefelsaurer Thonerde kann hier nicht angeführt werden, da diese unter den erwähnten Umständen Gyps niederschlagen muss. Auch durch Behandlung von Chondrin mit der Asche von Leim liess sich kein Leim bilden.

3) *Leim des elastischen Gewebes.* Der Leim von

elastischem Gewebe nähert sich mehr dem Knorpelleim als dem gewöhnlichen Leim. Er wird nämlich von essigsaurem Blei getrübt, von Essigsäure sehr stark getrübt, von Zusatz von Alaun oder von schwefelsaurer Thonerde wird er gefällt und von schwefelsaurem Eisenoxyd kaum getrübt. Der Niederschlag von schwefelsaurer Thonerde löste sich in überschüssiger schwefelsaurer Thonerde nicht. In einigen Punkten entfernt sich dieser Leim von dem Knorpelleim, aber nur in einem Punkt stimmt er mit dem gewöhnlichen Leim.

C. Verbreitung der verschiedenen Leimarten in den gesunden und kranken Geweben.

1) *Haut*. Die Haut giebt, wie sich erwarten liefs, beim Kochen den gewöhnlichen Leim und kein Chondrin. Die Theorie des Weifsgerbens leitet auf die Idee, dafs der Leim der Haut von Chloraluminium niederschlagen werde. Das Weifsgerben besteht bekanntlich darin, dafs die Häute in eine gemengte Auflösung von Alaun und Kochsalz gelegt werden. Das hierbei entstehende Chloraluminium schlägt indess den gewöhnlichen Leim nicht nieder. Ich kochte getrocknete Stücke von Haut, die, zum Weifsgerben bestimmt, früher mit Kalkhydrat behandelt worden, wodurch die Haare von den Häuten abgelöst waren. Der aus diesen Stücken bereitete Leim hatte die Eigenschaften des gewöhnlichen Leims; auch die frühere Behandlung mit Kalkhydrat hatte ihm keine Fällbarkeit von Alaun, schwefelsaurer Thonerde, Essigsäure, essigsaurem Blei mitgetheilt. Da nun bei Versetzung einer Auflösung von Leim mit Kochsalz und Alaun kein Niederschlag entsteht, so ist eine Theorie des Weifsgerbens noch gar nicht vorhanden. Das Kochsalz kann dem thierischen Gewebe Wasser entziehen und die Fasern der Haut können mit Chloraluminium sich verbindend der Fäulniß widerstehen; aber der durch Kochen aus thierischen Theilen gewonnene Leim bildet, wenn er sich mit Chloraluminium verbindet, so gut wie mit Alaun

und schwefelsaurer Thonerde eine auflösliche Verbindung.

2) *Schnengewebe*. Obgleich gewöhnlicher Tischlerleim auch vorzugsweise von sehnigen Theilen gekocht wird, so hielt ich es doch für nöthig reinen Leim aus Sehnen zu untersuchen. Dieser zeigte ganz die Reactionen des gewöhnlichen Leims.

3) *Cornea des Auges*. Sie löst sich durch Kochen in Chondrin.

4) *Elastisches Gewebe*. Ich habe schon vorher erwähnt, daß der Leim von elastischem Gewebe einige eigenthümliche Reactionen hat. Er wird von essigsaurem Blei gefällt oder stark getrübt, von Essigsäure sehr stark getrübt; von Alaun und schwefelsaurer Thonerde gefällt; aber schwefelsaures Eisenoxyd fällt ihn nicht, und macht ihn nur etwas opalisirend. Das elastische Gewebe hat übrigens, wo es auch vorkömmt, constante Eigenschaften; es ist immer gelblich, besteht unter dem Mikroskop von allen Geweben allein aus Fasern, welche Aeste abgeben und sich mit einander verbinden, wie L a u t h fand, Schwann und Eulenberg bestätigt haben. Im Weingeist behält es seine Elasticität ganz unverändert viele Jahre lang. Auch durch Kochen verliert es sie nicht. Beim Menschen und den Säugethieren kennt man das Gewebe bereits von den ligamenta flava der Wirbelbogen, von dem ligamentum hyothyreoideum und cricothyreoideum medium des Kehlkopfes, und den eigentlichen Stimmbändern, von den Längsfasern der Luftröhre und von der mittleren Haut der Arterien. Schwann hat es noch an einigen andern Stellen nachgewiesen, wo es in anderem Gewebe sparsamer eingestreut ist, wie in der Speiseröhre unter der Schleimhaut, am After, in dem lig. suspensorium penis, dem umliegenden Zellgewebe und in den sehnigen Bündeln, welche das corpus cavernosum penis quer durchziehen. Das lig. stilohyoideum besteht daraus. Bei den Thieren findet es sich noch an vielen anderen Stellen. Es bildet das starke ligamentum nuchae der Säugethiere, das

elastische Band der Flügelfalle der Vögel, und fehlt nicht in den Flügeln der Fledermäuse; es kommt ferner, wie Duvernoy zeigte, in den Wänden des Kehlsackes des Pelecanus vor. Die Krallenglieder werden beim Katzensgeschlecht durch elastische Bänder zurückgezogen. Bei den Vögeln mit ausstreckbarem penis fand ich ein starkes elastisches Band, zum Zurückziehen des penis bestimmt. Beim afrikanischen Strauß bildet das elastische Gewebe sogar einen eigenen dicken Körper an der untern Seite des penis. Dieser penis kann nur vorgestreckt, nicht wie ein Handschuh ausgestülpt werden; den letzteren Fall fand ich aber am penis der übrigen straußartigen Vögel, der *Rhea americana*, des neuholländischen Casuars. Die Ruthe der letzteren besteht aus dem doppelten fibrösen, mit der Rinne versehenen Theil, und (wie bei den Gänsen) einem langen, eingestülpten, hohlen Theil, der sich ausstülpen kann und durch elastisches Gewebe zurückgezogen wird. Endlich gehört zum elastischen Gewebe auch noch das Schloßband der Muscheln.

5) *Faserknorpel*. Die Faserknorpel, wohin die Cartilagine interarticulars, die Bandscheiben der Wirbel und die Knorpel der Augenlider gehören, geben beim Kochen keinen Knorpelleim, sondern gewöhnlichen Leim. Diesen erhielt ich nach langem Kochen der Cartilagine semilunares des Kniegelenks vom Schat. Er wurde nicht von Essigsäure und Alaun gefällt, gelatinirte übrigens nach dem Eindampfen. Die Faserknorpel stehen dem Sehngewebe sehr nahe, erfordern aber viel mehr Zeit zum Leimgaben als dieses. Die von Bichat zu den Faserknorpeln gerechneten Ohrknorpel (mit spongiöser Structur) und die Nasenknorpel (mit Knorpelkörperchen) gehören nicht hieher, und enthalten nicht den gewöhnlichen Leim, wie ihn die Faserknorpel geben.

6) *Spongiöse Knorpel*. (Ohrknorpel, Kehldeckel, und knorpelige Anhänge der Cartilagine arytenoideae



beim Rind und Schwein.) Beim Kochen von Knorpeln des Kehlkopfs muß man sehr vorsichtig verfahren. Denn hier kommen drei Arten von Knorpeln vor. Die Ringknorpel, Schildknorpel, Giefskannenknorpel enthalten Knorpelkörperchen und geben Knorpelleim. Mit ihnen darf man den Knorpel des Kehldeckels nicht kochen, denn er gehört unter die spongiösen Knorpel. Endlich wird auch die dritte Klasse der Knorpel, nämlich der Faserknorpel am Kehlkopf in der *Cartilago Wisbergiana* (in den Schleimhautfalten, die man *ligamentum ary epiglottica* nennt) repräsentirt. Dieser letztere Knorpel gehört in eine Kategorie mit dem auch in einer Hautfalte liegenden Augenliedknorpel.

Das wenige aus Ohrknorpel durch 48stündiges Kochen zu erhaltende Extract unterscheidet sich vom Leim und Knorpelleim dadurch, daß es nach dem Eindicken durchaus nicht zum Gelatiniren gebracht werden kann. Die chemischen Eigenschaften kommen mit dem Knorpelleim fast ganz überein. Die Auflösung wird von Alaun und schwefelsaurer Thonerde gefällt, von Essigsäure aber kaum getrübt, von essigsaurem Blei getrübt. Sublimat trübt die Auflösung wie die von Leim und Knorpelleim. Weingeist, Gerbstoff fällen die Materie.

7) *Permanente Knorpel mit Knorpelkörperchen.* (Rippenknorpel, Schildknorpel, Ringknorpel, Giefskannenknorpel des Kehlkopfes, Luftröhrenknorpel, Nasenknorpel, Knorpelüberzüge der Gelenkköpfe.) Sie sind alle, bis auf die Nasenknorpel, von mir untersucht. Sie lösen sich in 15 bis 18 Stunden in Leim auf, der nach dem Eindampfen gut gelatinirt. Es ist reiner Knorpelleim, und wird derselbe ganz aus seiner Auflösung von wenig Alaun gefällt. Abkochungen von Kehlkopfknorpel, Rippenknorpel, Gelenkknorpel erhielten sich ganz gleich gegen die charakteristischen Reagentien des Knorpelleims. Die untersuchten Knorpel waren zum Theil

von jungen, zum Theil von erwachsenen Thieren; die Kehlkopfknorpel vom Kalb, die Gelenkknorpel vom Rind, die Rippenknorpel vom Kalb.

8) *Knochenknorpel vor der Ossification.* Vor der Ossification enthalten die Knorpel Chondrin. So fand ich es wenigstens beim Kochen der knorpeligen Epiphysen eines neugeborenen Kindes, die von dem Gelenktheil des Knorpels vorsichtig befreit worden. Diese Knorpel erforderten sehr viele Zeit, gegen 20 Stunden, ehe sie einige Quantität Extract gaben; der grösste Theil war noch ungelöst. Diefs contrastirt sehr gegen die Knochen, die, im geraspelten Zustande gekocht, schon in einigen Stunden viel Leim geben, der sich aber in den ossificirten Knochen nicht als Knorpelleim, sondern als gewöhnlicher Leim verhält.

9) *Knochenknorpel nach der Ossification.* Er enthält kein Chondrin, sondern Leim. Es ist gleichviel, ob man erst die Kalksalze durch Salzsäure auszieht und den von der Säure befreiten Knorpel kocht, oder ob man, ohne Einwirkung der Säure, geraspelte Knochen kocht. Der Leim verhält sich in beiden Fällen gleich, und stimmt mit Tischlerleim. Untersucht wurden 1) Leim aus Knorpel vom Schulterblatt des Menschen, aus dem vor langer Zeit die Kalksalze ausgezogen worden. 2) Leim aus geraspelten Knochen (gelatinirte nicht sogleich beim Erkalten und erst am folgenden Tag). 3) Leim aus geraspeltem Hirschhorn (wird am schnellsten und noch schneller als aus Sehnen durch Kochen ausgezogen, gelatinirte sogleich beim Erkalten). 4) Leim aus Fischknochen, Rückenwirbel vom Schwertfisch (gelatinirte nicht, kam aber sonst mit Leim ganz überein). Essigsäure, essigsaurer Blei schlugen aus dem Leim aller dieser Theile nichts nieder; Alaun und schwefelsaure Thonerde auch in den meisten Fällen nichts. Bei einigen Proben von 2. zeigten sich, bei aufmerksamer Betrachtung der klaren Flüssigkeit, sehr wenige ganz zarte Flöckchen, in anderen Fällen

fehlte auch diese Spur von Niederschlag; 3. blieb in den meisten Proben bei Zusatz von Alaun und schwefelsaurer Thonerde ganz klar, in einigen eine noch geringere Spur von Flöckchen als bei 2. Diese Unreinigkeit war jedenfalls so gering, daß sie übersehen werden konnte, indem sie wahrscheinlich von einem Minimum im Knochen enthaltenen Knorpelleims herrührte. Die Masse des Leims aus der concentrirten Lösung von Knochenknorpel wird nicht von Alaun gefällt, während aus einer Auflösung von Knorpelleim die ganze Masse sogleich niedergeschlagen wird. Der Leim von Fischknochen verhält sich ganz wie der Leim der Knochen höherer Thiere. Gegen das schwefelsaure Eisenoxyd verhält sich Leim von Säugethierknochen etwas anders als Tischlerleim; eine concentrirte Auflösung von Knochenleim wurde nämlich dadurch gefällt, der Niederschlag in der Wärme wieder aufgelöst. Hirschhornleim wurde von schwefelsaurem Eisenoxyd zwar nicht gefällt, aber es setzte sich später beim Stehen eine Trübung ab. Schwefelsaures Eisenoxyd ist übrigens kein gutes Reagenz für die Leimarten; auch der Tischlerleim wird anfangs von ihm nicht niedergeschlagen, hernach setzt sich aber öfter eine Trübung ab. Eine ganz concentrirte Auflösung von Knochenleim erleidet übrigens (wie gewöhnlicher Tischlerleim) einen starken Niederschlag von liquor kali caustici. Offenbar entsteht in dem Knorpelleim bei der Ossification der Knochen eine wesentliche Umwandlung, mag dies auf der Umsetzung seiner Bestandtheile oder auf einer Verbindung mit anderen Bestandtheilen, Salzen, wie phosphorsaure Kalkerde, beruhen. Diese Umwandlung scheint zur Ossification wesentlich nothwendig zu seyn; wir kennen bis jetzt keinen ossificirten Knochen, der eine merkliche Quantität Chondrin enthielte. Selbst die permanenten Knorpel verlieren es bei der zufälligen oder krankhaften Ossification.

10) *Krankhaft ossificirte permanente Knorpel.* Un-

tersucht wurden die össificirten Kehlkopfknorpel (Ringknorpel, Schildknorpel) eines Menschen; die Reste von knorpeligen Theilen wurden vor dem Kochen sorgfältig davon entfernt. Der durch Kochen aus den zerstossenen Stücken bereitete Leim war kein Knorpelleim, sondern Colla; er wurde von Essigsäure, Alaun, schwefelsaurer Thonerde, essigsauerm Blei nicht gefällt. Die beiden ersteren bewirkten kaum ein Minimum von ganz isolirten Flöckchen, die in der ganz klaren Flüssigkeit nur bei einiger Aufmerksamkeit bemerkt wurden. Da diese beiden Reagentien sonst auf der Stelle den Knorpelleim in Masse niederschlugen, so konnte jene Spur nur von Resten nicht ganz ossificirter Theile der Knorpel herrühren. Ein permanenter Knorpel, der als solcher Chondrin enthält, setzt es also vor oder während der Ossification in Knochenleim oder gewöhnlichen Leim um, eben so wie die noch knorpeligen Epiphysen Chondrin enthalten, der Knochen nach der Ossification aber Leim enthält.

11) *Hautknochen. Verschiedenheit von Hornbildungen.* Die Existenz des Leims in den Skeletttheilen scheint überall an das Vorhandenseyn der phosphorsauren Kalkerde als Hauptbestandtheil der Ossification gebunden zu seyn. Im Skelet der Wirbellosen ist kein Leim vorhanden. Durch 12stündiges Kochen wurden Krebschalen, die von der Kalkerde durch Säure befreit waren, gar nicht verändert, und ich erhielt nur ganz außerordentlich wenig nicht gelatinirendes Extract, welches von Galläpfelinfusion gefällt, von Quecksilberchlorid und Kaliumeiseneyanid nicht gefällt wurde. Eben so verhielt sich der thierische Theil von *os sepiae*, und auch der sogenannte Knorpel der *Loligo* enthält keinen Leim. Im ossificirten Skelet der Wirbelthiere bleibt der Leim immer die thierische Grundlage, auch in den Hautknochen. Man hat sich in der neuern Zeit hier und da zu der Ansicht geneigt, daß die thierische Grundlage des Hautske-

lets der Wirbelthiere nicht Knorpel, sondern Hornbildung sey, wie das Horn durch schichtweise Apposition wachse, und daher durch eine organisirte Matrix ausgeschieden, der Organisation entbehre. Mir scheinen dagegen die Hornbildungen der Haut und die Hautknochen keine analogen Gebilde zu seyn, sondern sich gerade darin zu unterscheiden, dafs die Hautknochen in der That organisirt sind und wahren Knorpel zu ihrer Grundlage haben. Die Hautknochen der Gürtelthiere enthalten selbst Knochenkörperchen, oder der Knorpel Knorpelkörperchen, und dieser Knorpel giebt auch nach Extraction der Kalkerde nach 12stündigem Kochen guten Leim, wie ich selbst erprobt habe. Die Hautknochen der Gürtelthiere können schon darum nicht mit den Hornbildungen verglichen werden, weil das eigentliche Horn, die Epidermis (mit Haaren), noch, wie gewöhnlich, an der Oberfläche des Körpers, nämlich über diesen Schildern liegt. Diese Knochenschilder verhalten sich daher zum wahren Horn wie die organisirten Hornzapfen der Wiederkäuer zu dem auf ihnen aufsitzenden unorganisirten Horn, und wie das zu einer gewissen Zeit organisirte Hirschgeweih zu der auf ihm liegenden Decke von Haut und Epidermis (Bast). Dafs die Schuppen der Eidechsen oft einen knöchernen Kern enthalten, darf man auch für keine Analogie der Hautknochen und Hornbildungen ansehen. Das Horn an den Schuppen der Eidechsen, wie an den Schildern der Crocodile, ist die über die weichen oder knöchernen Schuppenkerne und über die Knochenschilder weggehende Epidermis. Unter dieser liegt auf den Schuppenkernen und Knochenschildern das zarte Häutchen zur Absonderung der Epidermis, welches auch die Ursache der Pigmentbildung ist. Bei den Schildkröten sehen wir auch eine deutliche Verschiedenheit der Hautknochen und der Hornbildung; der letztern gehören die Hornplatten der Schale an, ihre Schale selbst ist organisirt, und besteht aus den hier mit Verdrängung des Fleisches unter die Oberfläche

kommenden Theilen des innern Skelets, Wirbel und Rippen, mit welchen beim Foetus schon gewisse Hautknochen verwachsen. Bei den Crocodilen liegt zwischen den Hautknochen oder Knochenschildern des Nackens und Rückens und dem innern Skelet noch Fleisch; bei den Schildkröten fehlt dies. Beim foetus der Schildkröten kann man die Hautknochen von den Wirbeln noch getrennt sehen, wie sie denn am vorderen und hinteren Theil der Schale davon getrennt bleiben, und so erweisen sich auch die Marginalknochen der Rückenschale als Hautknochen. Bei einigen Trionyx fehlen die Marginalknochen; der Foetus von *Testudo coriacea* (*Sphargis mercurialis*) hat in seiner lederartigen Rückenhaul nur einen Hautknochen am vorderen Theil des Rückens. Dieser verwächst nicht mit dem Skelet, dessen Rippen sich nicht schalenförmig ausdehnen, und wird äußerlich sogar von der Haut überzogen. Ob die knöchernen Kerne vieler Fischschuppen organisirt sind, oder im organisirten Zustande gebildet werden, ist noch ungewiss. Leeuwenhoek und Agassiz haben ihr Wachsthum aus schichtweisen Ansätzen gezeigt; hierin unterscheiden sie sich ganz von den Knochenschildern der Crocodile, Gürtelthiere. Dagegen stimmen sie mit diesen überein, daß ihre Oberfläche noch von einer feinen Hautschicht bedeckt ist, die ich nicht bei allen Fischen für bloße Epidermis halten kann. Die Hautknochenschilder einiger Fische, wie der Ostracion, Störe und mehrerer aus der Familie der Cataphracten können fortwährend, oder bei ihrer Bildung und da wo sie wachsen organisirt seyn. Die Hautknochen der Ostracion, deren geometrisch regelmäßige Zusammensetzung bekannt ist, und welche offenbar durch peripherische Ansätze rundum wachsen, sind locker, bis auf die schmelzartigen Tuberkeln der Oberfläche, welche, wie der feste Theil der Stacheln der Rochen vielleicht ihre Organisation verloren haben. Aus den Knochenschildern von Ostracion erhielt ich übrigens,  
nach

nach dem Ausziehen der Kalkerde, durch langes Kochen einigen Leim.

11) *Zahnknorpel*. Auch die Zähne dürfen nicht mit den Hornbildungen verwechselt werden; allerdings ersetzt das Horn oft den Zahn, und beide stimmen darin überein, daß sie durch Apposition wachsen und nicht organisirt sind. Es giebt Knochenzähne und Hornzähne, aber der Knochenzahn ist kein Horn mit abgesetzten Kalksalzen, sondern enthält als thierische Materie leimgebenden Knorpel, der Hornzahn wahres Horn. Ich erhielt nach der Extraction der Kalkerde aus den Zähnen des Pferdes wahren, sehr gut gelatinirenden Leim durch nicht sehr langes Kochen; Fischbein lieferte hingegen keinen Leim, und ist Horn, wie schon John angiebt. Es scheint demnach, daß das Horn den Zahnknorpel nur dann ersetzt, wenn die Zähne keine abgesetzte Kalkerde enthalten, daß aber Knorpel oder Leim durchaus nöthig sind, wenn die Zähne Knochenzähne sind. Die sogenannte Knochensubstanz des Zahns verdient übrigens diesen Namen weniger, Knorpelkörperchen kommen im Zahnknorpel nicht vor; die sogenannte Knochensubstanz ist vielmehr von vielen Fasern durchzogen, welche eine Höhlung enthalten; sie sind von Leeuwenhoek, Purkinje und Retzius beobachtet worden. Diese Fasern oder Röhren gehen von der Zahnhöhle aus, neben einander, gewöhnlich ohne Aeste, gegen die äußere vom Schmelz bedeckte Oberfläche des Zahns. Aufser dieser wesentlichen Substanz des Zahns, welche durch schichtweise Apposition entsteht, enthält der Zahn auch wahre angesetzte Knochensubstanz mit Knorpelkörperchen. Sie liegt auf der äußeren Oberfläche der Wurzel und auf der inneren Oberfläche der Höhle der Wurzel auf; ihre Structur ist von Purkinje entdeckt, welcher denselben Bau im sogenannten Kitt der Thierzähne beobachtete. Wahrscheinlich ist dieser Absatz zu einer gewissen Zeit,

nämlich bei seiner Bildung, organisirt; der Kalk scheint sich durch bloße Ossification des Zahnsäckchens zu bilden. Zieht man die Kalkerde aus dem Kitt aus, so bleibt reiner Knorpel mit Knorpelkörperchen zurück. Die durch Kochen des Knorpels der Hauptsubstanz des Zahns gewonnene Materie gelatinirt nach dem Eindampfen sehr gut, der Zahnknorpel löst sich durch Kochen ganz in Leim auf, und diese Materie ist, nach meinen Beobachtungen, wahrer Leim, kein Knorpelleim.

12) *Durch Osteomalacie erweichte Knochen.* Da der Knochenknorpel vor der Ossification Chondrin enthält, nach der Ossification aber beim Kochen nur Colla giebt, da ferner die permanenten Knorpel bei der Ossification ihr Chondrin in Leim umsetzen, so lag es nahe zu vermuthen, daß Knochen, die durch Krankheit ihre Kalksalze ganz oder größtentheils verloren haben, beim Kochen nicht Leim, sondern wieder Chondrin geben würden. Diefes ist aber nicht der Fall. Die Umwandlung der thierischen Materie bei der Osteomalacie ist eine ganz eigenthümliche. Ich habe erweichte Knochen von Thieren und Menschen untersucht. In beiden Fällen erhielt ich durch sehr langes Kochen weder Leim noch Knorpelleim. Das Extract blieb dünnflüssig, gelatinirte beim Eindampfen nicht, durch das Filtrum ging es trüb, durch ein feineres Filtrum klar braungelblich; es wurde zwar von Galläpfeltinktur und Weingeist, aber nicht von Essigsäure, essigsaurem Blei, schwefelsaurem Eisenoxyd gefällt. Schwefelsaure Thonerde bewirkte keinen merklichen Niederschlag, nur einige wenige Flöckchen, die bei Aufmerksamkeit sichtbar wurden und sich in viel überschüssiger schwefelsaurer Thonerde lösten. Liquor kali caustici bewirkte einen Niederschlag. Ich rede nur vom höchsten Grad von Osteomalacie; denn die von mir untersuchten Knochen waren ganz biegsam und weich. Die Knorpelkörperchen sind in solchen Knochen noch sichtbar, aber



die Materie hat offenbar eine eigenthümliche Umwandlung erlitten. In dem Fall von einer Ziege wurden die biegsamen Stücke durch langes Kochen bröcklich, das Wasser wurde beim Kochen immer trüb und mit viel Fett gemengt. Die osteomalacischen Knochenstücke vom Menschen (Fersenbein), welche noch viel weicher waren, enthielten in der spongiösen Substanz eine große Menge Fett. Ich kochte daher zuerst in Weingeist, wodurch das Fett ausgezogen wurde. Das übrige Gewebe war häutig biegsam, und wurde beim langen Kochen immer weicher, ohne aufzuquellen. Es scheint, daß der Knorpel bei der Osteomalacie sich durch Umsetzung seiner Bestandtheile oder durch Verbindung mit Salzen so verändert, daß eine Substanz bleibt, welche durch Kochen zum Theil extrahirt werden kann, welche aber in der Kälte nicht gelatinirt. In Knochen, welche weniger erweicht sind, und in rhachitischen Knochen, die weniger verändert scheinen, dürfte eine solche Umwandlung schwerlich angenommen werden können. Es schien mir zwecklos rhachitisch verkrümmte Knochen zu untersuchen, die nicht aus der Zeit der Erweichung herühren. Wenn diese vorüber ist, unterscheiden sich dergleichen Knochen von anderen hauptsächlich nur durch die bleibenden Krümmungen.

13) *Chondrin in einer eigenen Art pathologischer Knochengeschwulst.* Unter den pathologischen fungösen Geschwülsten der Knochen zeichnet sich eine sehr eigenthümliche aus, die ich Enchondroma nenne. Sie ist von dem Markschwamm der Knochen oder Knochenkrebs eben so verschieden als von der fibrösen Geschwulst der Knochen, Desmoid, von dem spongiösen Sarcoid der Knochen und vom Osteoid. Es gehört zu den durch Amputation heilbaren Fungen der Knochen. Das Enchondrom der Knochen ist nicht bloß den Knochen eigen; ich habe es auch einmal in einem anderen Theile, nämlich in der parotis beobachtet, aber es ist an den Knochen am häufigsten.

figsten, besonders an den Phalangen und Mittelhandknochen (hier habe ich es viermal beobachtet). Das Enchondrom entwickelt sich im Innern der Knochen und treibt die meist verdünnte Rinde blasenartig auf. Die Rinde bildet daher eine Schale um den Fungus; diese Schale ist bald ganz vollständig, bald so verdünnt, daß sie in inselartige Knochenblättchen zerfällt. Die Geschwülste sind immer sphäroidisch. Der Inhalt der Schale besteht theils aus Fragmenten des spongiösen Gewebes der Knochen, die aber auch ganz fehlen können, theils und hauptsächlich aus einer weichen, leicht zu zerbröckelnden Masse. In dieser erkennt man wieder einen fibrinöshäutigen Theil, welcher kleine und große Zellen, bis zur Größe einer Erbse und darüber, bildet, und einen Inhalt der Zellen, welcher halbdurchscheinend, wie gewöhnlicher Knorpel, von diesem durch seine größere Weichheit sich unterscheidet. Er nähert sich seinem Ansehen und seiner Consistenz nach mehr dem hyalinischen, später zu beschreibenden Knorpel der Knorpelfische, zuweilen gleicht er mehr einer festen Gallerte. Diese Substanz zeigt unter dem Mikroskop das gewöhnliche Ansehen der permanenten Knorpel mit Knorpelkörperchen. Die in der Königl. anatomischen Sammlung befindlichen vier Fälle sind sämmtlich von den Phalangen und Mittelhandknochen, wovon meist mehrere, in einem Fall alle, Phalangen und Mittelhandknochen ergriffen sind und dieselbe sphäroidische Ausdehnung erleiden. Aus den älteren Beschreibungen von Knochenschwämmen lassen sich ziemlich bestimmt mehrere ähnliche Fälle, auch wieder von den Phalangen und Mittelhandknochen erkennen. Dahin gehören Beobachtungen von Severinus, Mery, Otto, Scarpa, v. Walther und M. Weber. Die Geschwülste pflegen sich nach Quetschungen sehr langsam zu entwickeln, desorganisiren die umherliegenden Theile nicht, brechen zuletzt auf, sind aber constant durch Amputation heilbar, wie die Vergleichung unserer und jener Fälle

erweist. Mit Unrecht hat man die Krankheit den Knochenkrebs genannt. Beim Kochen des Inhaltes aus einer der merkwürdigsten und weichsten dieser Geschwülste erhielt ich eine Menge Extract, welches beim Erkalten vollkommen gelatinirte; aber diese Gallerte war Chondrin, denn ihre Auflösung wurde von Alaun, Essigsäure, essigsaurem Blei, schwefelsaurem Eisenoxyd gefällt, und mit einigen Tropfen Alaun konnte aus einer großen Menge aller Leim in dicken Klumpen ausgefällt werden, die sich in heißem Wasser nicht wieder lösten. Bei dieser Krankheit entwickelt sich also permanenter Knorpel mit Wucherung im Innern des Knochens. Das Enchondrom der parotis glich ganz dem der Knochen, durch die Zellen, welche die Masse enthielten, wie durch die mikroskopischen Knorpelkörperchen. Die in einigen krebsartigen Geschwülsten vorkommenden mikroskopischen Körperchen sind bei hinreichender Uebung auf diesem Felde leicht von den Körperchen der Knorpel und des Enchondroms zu unterscheiden. Das Enchondrom der parotis gab beim Kochen auch Leim, aber den gewöhnlichen, nicht Knorpelleim.

## II. Vom Knochengewebe bei den höheren Thieren.

Der Bau der Knochen wird schon durch die mikroskopische Untersuchung des Knochenknorpels nach Extraction der Kalkerde durch Säuren sehr aufgeklärt; manches erkennt man aber daran erst bei der Untersuchung des Knochens im unversehrten Zustande. Hierzu werden besonders fein geschliffene Knochenblättchen geeignet seyn, eine Methode, welche Purkinje so wesentliche Aufschlüsse über den Bau der Zähne lieferte. Deutsch scheint die Structur des Knochens nur am Knochenknorpel untersucht zu haben; daher er nicht über alle Punkte in's Klare gekommen ist. Eine der wichtig-

sten Fragen in Hinsicht der Structur des Knochens ist noch immer, auf welche Art die Kalksalze im Knochen enthalten sind, ob fein vertheilt, ob an den Knorpel chemisch gebunden, ob in besonderen Organen angehäuft. Deutsch sprach die Vermuthung aus, daß die Kalkerde in besonderen Kanälen im Knochen verbreitet sey, die er im Knochenknorpel beschrieben und abgebildet hat. Nach seiner Beschreibung besteht der Knochenknorpel bloß aus Schichten, welche concentrisch um die, das Fettgewebe und die Gefäße enthaltenden Markkanäle verlaufen, theils mit der Oberfläche gleich laufen und in den cylindrischen Knochen gleichsam die kleinen Systeme von concentrischen Schichten zusammen umfassen. In den Schichten liegen die einfachen Knorpelkörperchen. Ferner aber beschreibt er Kanäle, welche radial die kreisförmigen Schichten durchsetzen; in diesen von ihm auch abgebildeten Kanälen vermuthete er den Sitz der Kalksalze. Diese radialen Kanäle der Schichten und Schichtensysteme wurden von anderen Beobachtern nicht wieder gefunden; dagegen gehen von der Oberfläche der Knochenkörperchen, welche den Knorpelkörperchen des im knorpeligen Zustande nach der Behandlung mit Säuren untersuchten Knochens entsprechen, gewisse feine Kanäle radial aus, um sich im Knochen theilweise ästig zu verbreiten oder hier und da netzartig zu verbinden. Obgleich sich die ästigen Kanäle der Knochenkörperchen, von denen ich in der Schrift über Myxinoiden eine nur kurze Notiz gab, weil sie mir damals nur vorübergehend und keineswegs constant erschienen waren, sowohl in Hinsicht ihres Ursprungs als Verlaufs verschieden verhalten von den von Deutsch beschriebenen radialen Kanälen der Schichten, die zum gemeinschaftlichen Centrum nicht die Körperchen, sondern die Markkanäle oder Centralkanäle der Schichtensysteme haben, so ist es doch wahrscheinlich, daß Deutsch denselben Gegenstand vor sich hatte, den er nicht richtig erkannte. Wenn jene Untersuchung sonst in allen

übrigen Punkten vollkommen sich bestätigte, so waren gerade die von ihm beschriebenen radialen Kanäle der concentrischen Schichten in der von ihm deutlich beschriebenen und abgebildeten Anordnung nicht wieder zu finden, während die radialen ästigen Kanäle der Knochenkörperchen ihre Stelle einnehmen müssen.

Werden Knochenlamellen sehr fein geschliffen, so werden sie so durchsichtig, daß man die kleinste Schrift dadurch lesen kann. Bei Betrachtung solcher Blättchen auf dunkelm Grunde mit der Loupe sieht man, daß alles weißse Ansehen der Knochen von den Knochenkörperchen herrührt, daß die Zwischensubstanz derselben aber ganz durchsichtig ist. Bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen sah ich, daß die Knochenkörperchen von ovaler, selten unregelmäßig eckiger Form, fast immer aber in der Richtung der Knorpelschichten abgeplattet, von ihren Wänden, namentlich ihren platten Seiten, viele sehr feine Gefäße ausschicken, welche ziemlich unregelmäßig die Schichten der durchsichtigen Zwischensubstanz durchsetzen und sich mit den anderen Körperchen hier und da netzförmig verbinden. Die Kanälchen der Knochenkörperchen haben einen Durchmesser von 0,0002 bis 0,0003 engl. Lin. <sup>1)</sup>). Betrachtet man die feinen Knochenplättchen unter dem Mikroskop bei durchscheinendem Lichte, so sind die Knochenkörperchen und ihre Kanäle dunkel, die Zwischensubstanz durchsichtig hell; betrachtet man sie auf dunkelm Grunde bei auffallendem Lichte, so erscheinen die Körperchen und ihre Kanälchen ganz weiß, besonders wenn sie trocken untersucht werden; die Zwischensubstanz erscheint jetzt auf dem dunkeln Grunde dunkel. Eine Abbildung der Körperchen und Kanälchen bei 410maliger Vergrößerung des Durchmessers und bei durchfallendem Lichte liefert Fig. 1 Taf. IV. Die weißse

1) J. Müller vergleichende Anatomie der Myxinoiden, Berl. 1835, S. 62; und Anhang zu Miescher's Schrift: *de ossium genesi, structura et vita*, Tab. 2.

Farbe jener Figuren rührt nicht vom Ankleben des beim Schleifen entstehenden Pulvers her; denn man bemerkt dasselbe Verhalten an sehr feinen ungeschliffenen Knochenplättchen, wie z. B. aus dem Siebbeine verschiedener Thiere. Ein Fett, was bei gewöhnlicher Temperatur fest wäre, kann die Ursache des weissen Ansehens und der Undurchsichtigkeit nicht seyn. Ich habe fein geschliffene Knochenplättchen unter dem Mikroskop bis zu 60° R. erbitzt; die weisse Farbe der Körperchen und ihrer Kanälchen blieb; auch durch Behandlung der Knochenplättchen mit kochendem Aether oder Alkohol verändern sich die weissen Figuren nicht. In krankhaft von Osteomalacie erweichten Knochen, welche die Kalkerde verloren haben, ist die weisse Farbe und Undurchsichtigkeit der Körperchen und ihrer Kanälchen verschwunden, und die letzteren nicht mehr sichtbar. Die Körperchen sind noch sichtbar, aber ganz durchsichtig, wie der übrige Knorpel. In fossilen Knochen und in solchen, aus denen man den Knorpel durch langes Kochen mit Pottasche ausgezogen, sind die Körperchen und Kanälchen noch vorhanden. Die fossilen und die mit Pottasche gekochten Knochen sind aber in den Zwischenräumen der Knochenkörperchen\* nicht mehr durchsichtig, und man sieht daher die Figuren der letzteren und der Kanälehen erst beim Befeuchten der geschliffenen Plättchen, oder noch deutlicher beim beginnenden Abtrocknen der befeuchteten Plättchen. Werden fein geschliffene Plättchen frischer (d. h. nicht fossiler und nicht mit Pottasche behandelter Knochen) unter dem Mikroskop mit Säuren behandelt, so daß die Kalkerde unter reichlicher Entwicklung von Luftbläschen ausgezogen wird, so bleibt die Zwischensubstanz zwischen den Körperchen durchsichtig, aber die Körperchen und ihre Kanälchen verlieren ihre weisse Farbe und werden gleich durchsichtig, wie der von der Kalkerde befreite Knorpel der Zwischensubstanz. Werden die so behandelten Lamellen dann getrocknet, so wer-

den die Körperchen und ihre Kanälchen gleichwohl nicht wieder weifs. Hieraus kann man mit ziemlicher Sicherheit schliessen, dafs die Knochenkörperchen und ihre Kanälchen entweder in ihrem Innern oder in ihren Wänden Kalksalze enthalten müssen. Ob diese aber im Innern der Körperchen und Kanälchen abgelagert oder nur in den Wänden enthalten sind, läfst sich bei der Kleinheit der Theile nicht ausmachen. Dinte und andere Färbestoffe verbreiten sich von der Oberfläche der geschliffenen Knochenplättchen nicht weiter durch Vermittelung der Körperchen und Kanälchen in das Innere des Knochens, selbst nicht bis auf geringe Tiefe. Welcherlei erdige oder durch Säuren ausziehbare Bestandtheile die weisse Farbe der Knochenkörperchen und ihrer Kanälchen bewirken, läfst sich nicht ausmachen. In wässriger Kohlensäure, welche sonst kohlensauren Kalk löst, verändern sich die Körperchen und ihre Kanälchen nicht. Behandelte ich aber ganz feine Plättchen von Knochen, deren Knorpel durch Kochen mit Pottasche gröfstentheils ausgezogen war, unter dem Mikroskop mit sehr verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure, so entwickelte sich regelmäfsig, wenn die Säure vom Rande aus die Körperchen erreichte, aus jedem etwas Luft, und zwar meist viel mehr, als die Capacität des Körperchens betrug.

So gewifs es nun ist, dafs die weisse Farbe der Knochen von jenen Figuren herrührt, dafs die weisse Farbe dieser Figuren durch Säure getilgt wird, während die Organe undurchsichtig zurückbleiben, dafs die Organe vor der Ossification des Knorpels vorhanden (die Körperchen ohne Kanälchen), aber noch nicht weifs gefärbt, sondern durchsichtig sind, und dafs die weisse Farbe hinwieder bei der Ostromalacie verschwindet, so können doch die Knochenkörperchen und die Kanälchen nicht der einzige Sitz der Kalksalze seyn, und der gröfsere Theil der Kalkerde ist entweder an den Knorpel chemisch gebunden oder frei in dem durchsichtigen Theile

des Knochens, aufser jenen Organen und zwischen denselben enthalten. Diefs läßt sich ganz entschieden beweisen. Denn 1) fehlen die Knochenkörperchen und ihre Kanälchen in den Knochen vieler Fische, z. B. des Hechts u. A. 2) Geben die Knochen beim Verbrennen und Behandeln mit kochender Pottaschenlauge viel mehr Kalkerde als jene Organe und die Kanälchen enthalten können, wenn sie auch dicht mit Kalksalzen gefüllt wären. Die Kalksalze betragen mehr als die Hälfte vom Gewichte der Knochen. Verbrannte Knochen haben fast noch ganz die Form und Gröfse, welche sie vor dem Verbrennen hatten; man sieht diefs bei Versuchen an kleinen Knochenplättchen sehr deutlich. Eben so ist es mit den Knochenplättchen, deren Knorpel durch Kochen mit Pottasche ausgezogen wird. Wenn nun auch die Kanälchen der Knochenkörperchen ein dichtes Netzwerk bilden und weniger feine Knochenplättchen zum grofsen Theil aus diesen Organen zusammengefügt erscheinen, so sieht man doch bei immer feinerem Schleifen, dafs die Knochenkörperchen zerstreut liegen, dafs die Zwischenstellen mehrmal, oft vielmal den Durchmesser der Knochenkörperchen übertreffen, und dafs auch die Kanälchen, wenn sie noch so dicht sind, doch noch Substanz zwischen sich lassen, die viel mehr beträgt als die Kanälchen und Knochenkörperchen. Die Zwischen-substanz ist es aber, welche durch Kochen der Knochenplättchen mit Pottasche und Ausziehen des Knorpels weifs wird.

Werden Knochen viele Stunden mit Pottasche gekocht, so werden sie ganz kreideweifs, glanzlos, blättern sich leicht schichtweise ab, sind äufserst zerbrechlich, ja zerreiblich, und der Knorpel ist gröfstentheils ausgezogen. Man erkennt den etwa noch vorhandenen Theil der thierischen Materie an dem Anflug von Schwarz beim Verbrennen im Platinlöffel. Ein noch sichereres Resultat erhält man durch Kochen von Knochenstücken in wäfs-



rigem Kali. Diese letztere Behandlung ist aber deswegen unzweckmässig, weil die Knochen, von aller thierischen Materie befreit, zu leicht zerfallen, nicht mehr geschliffen und untersucht werden können, und weil durch die Behandlung mit Kali eine neue Verbindung zwischen diesem und dem phosphorsauren Kalk der Knochen entstehen mufs. Die mit Pottasche behandelten Knochenstücke enthalten noch etwas Oel, welches sich durch Kochen der Stücke in Aether leicht ausziehen läfst. Kleine Plättchen von diesen Knochen fein geschliffen, sind trocken ganz undurchsichtig weifs; mit Wasser befeuchtet, werden sie durchscheinend, und man erkennt dann die Knochenkörperchen und ihre strahligen Kanälchen unter dem Mikroskop wieder; diese sind jetzt auch durchscheinend, und nur beim Trocknen der befeuchteten Plättchen werden sie, wie die ganzen Plättchen, dunkel, und zwar werden sie beim Trocknen zuerst dunkel, dann auch die Zwischensubstanz, die körnig nun erscheint. Man kann den Versuch auch so machen, dafs man vorher fein geschliffene Knochenplättchen mit Pottasche kocht, und, undurchsichtig geworden, vorsichtiger noch feiner zu schleifen sucht, was freilich auferordentlich schwierig ist, da die Plättchen dabei zerbröckeln. Der Kalk des vorher durchsichtigen Theils des Knochens ist scheinbar ganz zusammenhängend, so, als ob der Knochen durch das Ausziehen der thierischen Materie nichts von seiner Structur verloren habe. Er erscheint in allen Zwischenräumen der Knochenkörperchen und Kanälchen als eine feinkörnige Substanz, und die weissen Körnchen haben ungefähr die Stärke des Durchmessers der strahligen Kanälchen der Knochenkörperchen.

Ob der auf diese Art dargestellte feinkörnige Kalk vorher mit dem Knorpel chemisch verbunden oder als phosphorsaurer Kalk in demselben sehr fein vertheilt war, bleibt zweifelhaft, gleich wie, ob der kohlen saure Kalk an die Faden der Krebschalen gebunden oder in überaus feinen Röhrchen ist. Hier sind es Fasern, welche

die Krebschale von der inneren zur äußeren Oberfläche senkrecht, nur wenig wellenförmig, durchziehen, in ungeheurer Anzahl dicht zusammenstehend die weiße Farbe des Bruchs der Schale hervorbringen, und, von der Kalkerde durch Säuren befreit, aus einander gezerzt werden können, und biegsame, durchsichtige Fäden darstellen. Dafs die Körnchen des phosphorsauren Kalks im durchsichtigen Theil des Knochens mit dem Mikroskop nicht erkannt werden, kann davon herrühren, dafs jene mit den Knorpeltheilchen gleiche Durchsichtigkeit und Brechkraft besitzen. Gegen eine chemische Verbindung der phosphorsauren Kalkerde und des Knorpels spricht nicht allein die Färbung der Knochen von Färberröthe nach dem Genufs derselben, was von der chemischen Affinität des phosphorsauren Kalks zur Färberröthe herrührt, sondern auch, dafs man in der That bei starken Vergröfserungen auch im durchsichtigen Theil der Knochenplättchen etwas Feinkörniges bemerkt, besonders in den feinen Plättchen der Vogelknochen. Ferner spricht dagegen, dafs der Knorpel zur Zeit der Ossification erst die Kalkerde aufnimmt, wobei er ein wenig dunkler wird, und auch im Wasser dunkler, und im Innern ungleicher, als der oft dicht daneben liegende, noch nicht ossificirte Knorpel erscheint. Endlich spricht dagegen, dafs der Knorpel nach dem Ausziehen der Kalksalze durch Säuren oder auch nach dem krankhaften Verlust der Kalksalze in der Osteomalacie noch ganz fest und zusammenhängend ist, ja so fest ist, als der Knorpel vor der Ossification erscheint. Die Idee einer Combination der Knorpelmoleculä mit den Moleculen der phosphorsauren Kalkerde zu zusammengesetzten Moleculen läfst sich hierbei nicht gut rechtfertigen. Auch lassen sich die chemisch mit Thierstoffen verbundenen, mineralischen Stoffe nicht so aus denselben, wie die Kalkerde aus den Knochen durch Säuren ausziehen. Der Knochenknorpel des Menschen besitzt sogar nach dem Ausziehen der phosphorsauren

Kalkerde noch eine bestimmte Structur. Er läßt sich nur in bestimmten Richtungen in ganz feine Lamellen reifen, und zasert sich auch in dieser Richtung beim Abreiben der feinen Lamellen, besitzt endlich in solchen zerrissenen Lamellen eine undeutlich faserige Structur. Eine Spur von faseriger Bildung sieht man zuweilen auch noch in den befeuchteten Knochenplättchen, deren Knorpel durch Pottasche größtentheils ausgezogen und in Plättchen von Fischknochen, die auf diese Art behandelt worden, sah ich ziemlich deutlich in verschiedenen Schichten verschiedene verlaufende helle Fasern von nicht ganz geradem Verlauf. Bei der Beleuchtung von oben bei trocknen weißen Knochenplättchen, deren Knorpel größtentheils extrahirt ist, ist die kreideweiß erscheinende Masse nur feinkörnig. Endlich spricht auch die Extraction des Leims aus den gerspelten Knochen durch Kochen, die bald schnell, wie bei dem Hirschhorn, bald langsam erfolgt, wie bei anderen Knochen, gegen eine chemische Verbindung zwischen dem Knorpel und den Kalksalzen.

In sofern die Färberröthe von der phosphorsauren Kalkerde angezogen wird, kann man jene Färbung auch als einen Beweis gegen eine chemische Verbindung zwischen dem Knorpel und den Kalksalzen halten; aber über den Sitz der Kalksalze geben jene gefärbten Knochen keinen näheren Aufschluß; denn sowohl die Knochenkörperchen als der durchsichtige Theil der Knochen erscheinen dann röthlich, bei auffallendem Lichte mehr die ersteren, bei durchscheinendem mehr der letztere, und die Röthe ist so schwach, daß man nur schwache Vergrößerungen anwenden kann, um sie noch zu erkennen, so daß man den feineren Sitz derselben nicht unterscheiden kann.

Zuletzt entsteht die Frage, ob die Knochenkörperchen und ihre Kanälchen nicht an der Absetzung der Kalksalze in die Zwischenmasse des Knorpels wesentlichen Antheil haben. Sind sie vielleicht hohl und rührt

die weisse Farbe derselben vielleicht blofs von einer Verkalkung oder Incrustation ihrer Wände mit Kalksalzen her, während sie zur Zeit der Bildung des Knochens eine wichtigere Function haben? Wird in ihnen zu dieser Zeit die Kalkerde in einem auflöslichen Zustande, wie sie auch im Blute vorhanden ist, aus dem Blute abgeschieden und dann durch die Kanälchen weiter verbreitet, so dafs sie bei der Absetzung oder Verbindung mit dem Knorpel in einen unauflöslichen Zustand übergeht und die Kalksalze des Knochens sich dann erst bilden? Sind sie es wieder, in welche die erdigen Bestandtheile der Knochen bei der Knochenerweichung in einem auflöslichen Zustande wieder aufgenommen werden, um in die Blutmasse überzugehen? Es mufs für jetzt zweifelhaft gelassen werden, ob sie als solche Absonderungsorgane, als kalkführende Organe (*organa chalicophora*) in diesem Sinne zu betrachten sind. Wir wissen für jetzt noch nicht einmal mit Bestimmtheit, ob sich in diesen Körperchen eine Höhlung erhält oder nicht, und ob blofs ihre Wände in einem verkalkten Zustande sich befinden. Ich habe in letzterer Hinsicht mancherlei Versuche angestellt, die mir aber keine so bestimmten Resultate geliefert haben, um sie ausführlich mitzutheilen. Auf das Verhalten der Knochen nach dem Verbrennen kann man kein groses Gewicht legen, weil sie dabei eine zu gewaltsame Veränderung erleiden. Ich habe ganz dünne Knochenplättchen im Platinlöffel verbrannt, sie blieben bei vorsichtiger Behandlung zusammenhängend; in diesem Zustand untersuchte ich sie bei auffallendem Lichte mit dem Mikroskop. Einigemal glaubte ich an solchen Stückchen den früheren Knochenkörperchen an Lage und Gröfse entsprechende Stellen zu unterscheiden, die sich von der kalkigen, ganz weissen Umgebung dadurch auszeichneten, dafs sie viel weniger weifs waren, so dafs die Vermuthung entstand, als wenn durch das Verbrennen des Knorpels und Undurchsichtigwerden der Zwischensubstanz die

sonst nicht zu erweisende Höhlung der Körperchen offenbar werde. Ich wage indess hierauf nicht zu bauen, weil durch das Verbrennen eine zu gewaltsame Veränderung in der Structur des Knochens eintritt, und auch kleine Lücken erst entstehen werden, durch welche sich die beim Verbrennen entstandenen Gase entwickeln. Ich habe schon vorher erwähnt, daß feingeschliffene Knochenplättchen Dinte und andere Färbestoffe nicht durch die Körperchen und ihre Kanälchen von der Oberfläche weiter verbreiten.

Die parallelen Röhren, welche von *Leeuwenhoek*, *Purkinje*, *Retzius* in der sogenannten Knochensubstanz des Zahns beobachtet worden sind, sind wirklich hohl und nur hie und da mit unorganischen Deposita angefüllt. *Purkinje* hat beobachtet, daß die Röhren in der Zahnschubstanz des Pferdes Dinte aufnehmen, und ich habe dies bestätigt gefunden. Wenn sich auch nicht alle Röhren anfüllen, so ist diese Anfüllung in einigen doch ganz deutlich. Dagegen enthalten diese an ihren Wänden verkalkten und weiß erscheinenden Röhren hier und da deutliche Deposita. An fein geschliffenen Lamellen von Zähnen sieht man bei auffallendem Licht, daß die weiße Farbe der Zähne hauptsächlich von jenen röhri gen Fasern herrührt, daß die Zwischensubstanz aber mehr durchsichtig ist; werden solche Durchschnitte mit Säuren behandelt, so verliert sich die weiße Farbe der Fasern, und der zurückbleibende Zahnknorpel zeigt zwar noch die Röhren im Innern, aber diese werden auch beim Trocknen des Knorpels nicht mehr weiß. Herr *Linderer* hatte beobachtet, daß die Zahnschubstanz an cariösen Zähnen, wenn auch nur der Schmelz angegriffen ist, doch unter der cariösen Stelle bis gegen die Zahnhöhle ihre weiße Farbe verliere, obgleich sie noch ganz fest ist. Da dies ziemlich constant ist, so muß eine Veränderung der Zahnschubstanz in Folge der oberflächlichen Caries zu Grunde liegen. An fein geschliffenen Durchschnitten sol-

cher Zähne konnte ich unter dem Mikroskop sehr gut sehen, daß, wo der Zahn durchsichtig geworden war, eine bröckliche Substanz in den Röhrchen enthalten war, und daß diese Substanz in den Röhrchen der weißen Stellen zusammenhängender war, auch konnte ich unter dem Mikroskop sehr gut wahrnehmen, daß zugesetzte verdünnte Säuren dieses bröckliche Wesen auflösen. Ich habe diese Beobachtung aber auch oft an feip geschliffenen Plättchen gesunder Zähne gemacht. Da die Zahnfasern, durch Säuren ihre weiße Farbe verlieren, so müssen entweder die Wände der Röhrchen verkalkt seyn oder ihr Inneres stellenweise Deposita von erdigen Theilen enthalten. Beim Zerbrechen feiner Zahndurchschnitte in senkrechter Richtung auf die Fasern, sah ich diese öfter am Rande steif eine ganz kleine Strecke aus der Zahnschubstanz hervorstehen. Sie stehen in diesem Fall ganz gerade und scheinen in diesem Zustande nicht biegsam zu seyn. Wenn dagegen die Kalkerde durch Säuren aus den feinen Zahnplättchen ausgezogen ist und die übrigbleibenden Knorpelplättchen gegen die Fasern zerissen werden, so erscheinen die Fasern am Rande des Risses ganz biegsam und durchsichtig, oft sehr lang hervor. Hieraus geht hervor, daß die Röhrchen eine thierische Grundlage, Membran, haben, und daß diese im festen Zahn steif und zerbrechlich, von Kalksalzen durchdrungen, im Zahn, der seine Kalkerde verloren hat, aber weich ist; daß aber auch im Innern der Röhrchen stellenweise kalkige Deposita vorhanden sind, geht aus den vorher erwähnten Beobachtungen hervor.

Die Hauptmasse der Kalkerde ist übrigens nicht an den Röhrchen, sondern in der Zwischensubstanz der Röhrchen enthalten, chemisch an den Knorpel gebunden oder darin auf unsichtbare Weise abgesetzt. Man kann die Kalkerde der Zwischensubstanz sichtbar machen, wenn man feine Durchschnitte von Zähnen in Pottaschenlauge mehrere Stunden vorsichtig kocht. Die vorher durchschei-

scheinende Zwischensubstanz wird dann, indem der Knorpel daraus zum großen Theil aufgelöst wird, undurchsichtig und weiß. Dann sind die Plättchen außerordentlich zerbrechlich und können nur mit großer Vorsicht noch weiter geschliffen werden. Der Kalk erscheint in dichtstehenden Körnchen. An einigen auf diese Art behandelten Zähnen wurden, nahe der Zahnhöhle, auch mit der Fläche derselben parallel laufende Streifen sichtbar.

Bekanntlich besteht der Schmelz der Zähne aus aufrechtstehenden Fasern; Purkinje betrachtet sie als vierseitige Prismen. Aus einer gleich anzuführenden Beobachtung ergibt sich, daß es ursprünglich Nadeln sind, deren beide Enden zugespitzt sind, und die durch ein Bindemittel zusammengekittet werden müssen. Wie ich nämlich an dem letzten Backzahn des Kalbes sah, dessen Schmelz noch ganz weich und breiartig ist, besteht der abgesetzte breiartige Schmelz schon aus gesonderten Nadeln, noch ehe er fest wird. Jene weißse breiartige Materie, welche sich von der Oberfläche des Zahns mit dem Messer wegnehmen läßt, besteht ganz daraus und aus einem flüssigen Bindemittel. Diese festen, etwas biegsamen, aber doch zerbrechlichen Nadeln werden von Essigsäure nicht sobald angegriffen, von Salzsäure bald mit einiger Luftentwicklung gelöst. Siehe die Abbildung dieser Nadeln, Fig. 2 Taf. IV.

### III. Vom Knorpel und Knochen der Knorpelfische.

#### A. Structur und chemische Eigenschaften der Chorda dorsalis.

1) *Structur*. Der Centraltheil des Rückgrats der Cyclostomen (Petromyzon, Ammocoetes und Myxinoiden), der Störe und Chimären besteht bekanntlich aus einer fibröshäutigen, größtentheils aus Ringfasern gebildeten Röhre, welche mit einer gallertartigen Substanz gefüllt ist. Dieser Apparat findet sich auch im Foetus-Zustand

der Knochenfische, der Haifische und Rochen, ja in der ersten Zeit bei allen höheren Thieren vor, man nennt ihn *Chorda dorsalis*. Bei der Ossification verknöchert jene Gallerte nie, die Ossification schnürt nur die Gallerte stellenweise ein, bis ihre Reste in den conischen Facetten der Wirbel der Haifische, Rochen und Knochenfische übrigbleiben. Bei den Cyclostomen, Stören und Chimären behält sie ihre ursprüngliche Gestalt durch's ganze Leben. Die Scheide, welche die Gallerte einschließt, verknöchert bei den Stören gar nicht, bei den Haifischen, Rochen, Knochenfischen verknöchert ihre äussere Schicht, den centralen Theil der Wirbelkörper bildend, die innere Schicht der Scheide verknöchert nicht, und bleibt als eine Membran zurück, welche die innere Fläche der Wirbelkörperfacetten auskleidet, worin die gallertartige Substanz der *Chorda dorsalis* enthalten ist.

Die Gallerte, von der Verkorpelung und Ossification ganz ausgeschlossen, zeigt sich mikroskopisch vom Knorpel ganz verschieden. Diese Gallerte hat vielmehr eine Textur, wie sie bei keinem einzigen der vielen von mir untersuchten Knorpel der Thiere vorkommt; es ist eine durchsichtige, in ebenfalls durchsichtigen, dicht an einander stossenden Zellen, die den Pflanzenzellen analog sind, enthaltene Materie (Taf. IV Fig. 3 von *Myxine glutinosa*). Es gehört daher dieses Gewebe unter das in der Thierwelt sparsam vorkommende Zellgewebe mit geschlossenen Zellen, wovon das Zellgewebe des Glaskörpers im Auge, das eckige Zellgewebe, welches das Pigment der Augen enthält, und das Fettzellgewebe uns Beispiele zeigen. Die meiste Uebereinstimmung hat dieses Gewebe der *Chorda dorsalis* mit dem Glaskörper des Auges; der Inhalt der *Chorda dorsalis* ist auch ein Glaskörper, aber der Inhalt seiner Zellen ist zwar durchsichtig, jedoch nicht, wie es scheint, ganz flüssig, wie bei jenem. Ein im Centrum der *Chorda dorsalis* verlaufendes zartes Bändchen gehört wieder einem anderen Ge-



webe, wahrscheinlich dem Sehnengewebe, an. Es besteht aus parallelen Fasern.

Die Gewebe der Chorda dorsalis finden sich auch bei den Knochenfischen wieder vor, aber die Chorda dorsalis bildet beim Erwachsenen nicht mehr einen Cylinder, sondern ist von Stelle zu Stelle eingeschnürt, und ist blofs in den einander zugewandten kegelförmig hohlen Facetten der Wirbel enthalten. Da die zwei Facetten eines Wirbels bei den Knochenfischen in der Regel noch in der Axe des Wirbels durch eine kleine Oeffnung communiciren, so bildet der in diesen Facetten enthaltene Glaskörper der Chorda dorsalis noch ein zusammenhängendes Ganze. Bei mehreren Knochenfischen, wie beim Karpfen, Schellfisch u. a., findet sich sogar in der Axe des Glaskörpers der Wirbel ein aus sehr zarten Fasern bestehendes Bändchen. Unter den Knorpelfischen sind die Plagiostomen die einzigen, bei welchen der Glaskörper des Rückgraths auch in kegelförmige Facetten ganzer Wirbel eingeschnürt wird. Die Einschnürung findet schon in der letzten Zeit des Fötuslebens statt; sie geht sogar noch weiter als in den Knochenfischen. Denn die Wirbel der Haifische und Rochen haben keine Communicationsöffnung mehr zwischen den kegelförmigen Facetten eines Wirbels. Ein anderer Umstand, wodurch die Wirbel der Plagiostomen noch weiter sich vom Fötuszustand entfernen als die der Knochenfische, ist, dafs der Glaskörper im erwachsenen Zustand der Haifische und Rochen nicht mehr, und nur beim Fötus vorhanden ist. Denn die Facetten der Wirbel der Plagiostomen sind im erwachsenen Zustand von einer Flüssigkeit ausgefüllt. Home <sup>1)</sup> hat über diese Flüssigkeit ganz abentheuerliche Ideen vorgebracht. Sie wahrscheinlich für eine Art Gelenkwasser haltend, hat er behauptet, dafs sie auch bei den übrigen Fischen vorkomme, dafs der Inhalt im lebenden Zustande ganz flüssig sey, aber un-

1) *Lect. on comp. Anat. I, p. 86. 87.*

mittelbar nach dem Tode gerinne. Hieran ist natürlich nicht zu denken. Der Glaskörper der Wirbelfacetten der Knochenfische ist kein Gerinsel, sondern besteht, mikroskopisch untersucht, durchaus aus denselben Theilen wie der Glaskörper der Gallertsäule der Störe, Chimären und Cyclostomen, nämlich aus Zellenwänden, die eine durchsichtige Materie einschließen. Es giebt nach meinen Beobachtungen Knochenfische, welche den Uebergang von der Bildung der Plagiostomen zu den Knochenfischen bilden. Bei den ersteren ist der Glaskörper aufgelöst, bei den meisten Knochenfischen ist der Glaskörper unversehrt und füllt die ganze Cavität der Facetten aus; aber beim Hecht habe ich sowohl den Glaskörper der übrigen Knochenfische, als die Flüssigkeit der Plagiostomen vorgefunden <sup>1</sup>).

Bei den höheren Wirbelthieren findet sich eine Spur des Glaskörpers der Fötus und der niederen Wirbelthiere in der Mitte der ligamenta intervertebralia. Diese Bänder stellen Ringe von Bandfasern dar, in der Mitte dieser breiten Ringe befindet sich eine gallertige Masse, die beim neugeborenen Kinde ganz schleimig und zwischen den Rücken- und Lendenwirbeln in ziemlich ansehnlicher Quantität vorhanden ist. Sie gleicht indess, mikroskopisch untersucht, nicht mehr dem Glaskörper, aus dessen Resten sie besteht; man sieht ein undeutlich körniges Wesen, und man kann sich nicht überzeugen, daß diese schleimige Substanz zellig ist.

2) *Chemische Eigenschaften.* Schön das anatomische Verhalten zeigt die Verschiedenheit des Glaskörpers vom Knorpel. Die chemische Untersuchung des Glaskörpers von drei Karpfen ergab Folgendes. Kaltes Wasser zieht daraus eine von Weingeist und durch Kochen nicht fällbare, von Galläpfelaufgufs und essigsauerm Blei fällbare Materie, Osmazom. Durch Kochen erhält man etwas wenigendes klebriges, nicht gelatinirendes, von Gall-

1) Siehe das Nähere: Anat. d. Myxinoiden, S. 140.

äpfelaufgufs fällbares, von Weingeist unlösliches Extract. Essigsäure und Alaun fällen die Auflösung dieses Extractes nicht. Weder durch Kochen noch durch Essigsäure wird viel vom Glaskörper gelöst.

Die essigsaure Auflösung des Glaskörpers aus den Wirbelfacetten von Knochenfischen wird, nach meinen Beobachtungen, vom rothen Cyaneisenkalium ein wenig getrübt; anders verhält sich die Scheide der Chorda dorsalis des *Petromyzon marinus*, deren essigsaure Auflösung ganz klar bleibt, wie die ganze Klasse der niederen Gewebe, die sich alle auf gleiche Art verhalten, Zellengewebe, Sehnengewebe, elastisches Gewebe, Knorpel; die Scheide gehört zum Sehnengewebe, und ist dem gewöhnlichen Faserknorpel verwandt. Der Glaskörper enthält Osmazom, eine vom heißen Wasser ausziehbare Materie und Eiweiß, wie die geringe Trübung, die von Zusatz von Cyaneisenkalium zur essigsauren Auflösung erfolgt, beweist. Kaliumeisencyanür bringt in essigsaurer Auflösung des Glaskörpers einen stärkeren Niederschlag hervor.

Bei den Plagiostomen scheint die Gallerte ihrer Wirbel meist aufgelöst. Chevreul hat diese Gallerte von *Squalus peregrinus* untersucht. Sie war opalisirend, und enthielt weisse atlasglänzende Schüppchen in Suspension. Diese alkalische Flüssigkeit war schwer zu filtriren. Von Mineralsäuren wurde sie gefällt, Galläpfelaufgufs trübte sie nicht merklich (dagegen die durch kaltes Wasser aus dem Glaskörper der Karpfen erhaltene aufgelöste Materie in unserm Versuch von Galläpfelaufgufs getrübt wurde). Sie gerann nicht von Wärme und gelatinirte nicht beim Abdampfen. Nach Brande hatte die Wirbelflüssigkeit vom Hai 1,027 spec. Gew., und wurde nicht durch Kochen, Gerbstoff, Alkohol gefällt.

*B. Structur und chemische Eigenschaften des Knorpels der Knorpelfische.*

I. *Structur.* Das Gewebe des Knorpels bei den Knorpelfischen zeigt uns äusserst merkwürdige Verhältnisse. Bei einigen von ihnen, wie den Stören und Chimären, gleichen die permanenten Knorpel dem Knochenknorpel der höheren Thiere; die Cyclostomen unterscheiden sich zum Theil durch ein ganz eigenthümliches grobzelliges Knorpelgewebe, während die Plagiostomen verschiedene Arten des Knorpelgewebes, nämlich in gewissen Theilen das Knorpelgewebe der Störe und Chimären und mehrere Arten kalkhaltigen Knorpelgewebes besitzen. Ich habe im Allgemeinen zwei Arten des nicht ossificirten Knorpelgewebes bei zahlreichen Untersuchungen der Knorpelfische gefunden, das hyalinische mit Knorpelkörperchen, das zellenförmige oder spongiöse.

1) *Der hyalinische Knorpel.* Hierunter verstehe ich den fast durchsichtigen glasartigen Knorpel, jene Art des Knorpels, wie er schon bei den Knochenfischen vorkömmt. Aus diesem Knorpel bestehen die Knorpel der Störe und Chimären ganz. Bei beiden sieht man bald sparsame, bald häufige Knorpelkörperchen in dem Knorpel. Bei den Plagiostomen findet sich der hyalinische Knorpel mit Knorpelkörperchen im Innern der Knorpel, aber er liegt in der Regel nicht zu Tage, sondern ist mit einer undurchsichtigen Kruste von festem pflasterförmigen Knorpelgewebe bedeckt. Das Innere aller Knorpel der Haifische und Rochen besteht ganz aus hyalinischem Knorpel, mit Ausnahme der Wirbelkörper. Diese sind meistens aus einem viel härteren, ganz undurchsichtigen, ossificirten Knorpel gebildet, und es findet sich bei einigen in den Wänden des Wirbelkörpers blofs ein liegendes Kreuz von hyalinischem Knorpel, das man erst sieht, wenn man den Wirbel in der Mitte seiner Länge senkrecht quer durchschneidet. Die Schenkel dieses Kreuzes sind aufsen gegen die Oberfläche der Wir-

bel breiter, innen schmaler, das äußerste Ende der Schenkel des hyalinischen Kreuzes geht meist bis an die Oberfläche der Wirbel; das innere Ende der Schenkel des Kreuzes geht bis zur Mitte des Wirbelkörpers, aber die Schenkel vereinigen sich nicht, sondern sind durch einen harten Kern getrennt, der die zwei konischen hohlen Facetten des Wirbels von einander absondert. Von diesem Kern gehen seitlich vier dünne harte Leisten zu der hyalinischen Substanz des Kreuzes. Um diesen innern durchsichtigen Knorpel der Wirbelkörper der Haifische zu sehen, braucht man nur bei einem Haifisch der Gattungen *Carcharias*, *Mustelus*, *Zygaena* einen Wirbel auf die angezeigte Art zu durchschneiden. Siehe Taf. IV Fig. 4 einen solchen Durchschnitt von *Squalus mustelus*. An getrockneten Skeleten sieht man auf dem Durchschnitt der Wirbel nur mehr die Höhlungen, in welchen die nun eingetrocknete hyalinische Substanz liegt. Aber man sieht an trocknen Wirbeln von Haifischen zuweilen vier Stellen, zwei oben, zwei unten, wo die Substanz des Wirbelkörpers offen erscheint. Die oberen liegen am Abgang der eigentlichen Bogenschenkel des Wirbels, die unteren am Abgang der Querfortsätze, die im Schwanz untere Bogen bilden. Bei *Squalus cornubicus* giebt es statt jener vier Stellen eine ganze Anzahl knorpeliger Stellen in der ossificirten Substanz des Wirbelkörpers, welche von der Oberfläche gegen das Centrum verdünnt vordringen. Bei anderen wieder bleibt die ganze Oberfläche des Wirbelkörpers knorpelig, und nur die Centraltheile des Wirbelkörpers um die hohlen Facetten sind ossificirt. So fand ich es bei den Haifischgattungen *Centrina*, *Spinax*, *Scyllium*. Daher fehlt bei diesen das hyalinische Kreuz, da der größte Theil des Wirbels hyalinisch ist. Beim Meerengel *Squatina* fand ich wieder eine andere Varietät. Außen ist eine Schicht von hyalinischem Knorpel am Körper der Wirbel und inwendig gegen die Höhle der Facetten ist Ossification in dün-

ner Schicht. Zwischen der äussern und innern Schicht wechseln cirkelförmige Schichten von hyalinischem und ossificirtem Knorpel regelmässig ab.

2) *Zelliger oder spongiöser Knorpel*. Ich war sehr überrascht, bei den Cyclostomen wieder eine andere Knorpelformation zu finden. Bei *Bdellostoma* Müll. vom Cap, aus der Familie der Myxinoideen, bestehen die sehr festen Knorpel des Kopfes und Zungenbeins zwar aus einem in feinen Lamellen durchscheinenden Knorpel, in dem ovale Knorpelkörperchen zerstreut sind, so zwar, dass die Zwischenstellen der Knorpelkörperchen sehr gross sind und auf feinen Durchschnitten hyalinisch aussehen (Taf. IV Fig. 5); aber schon in den weichern Knorpeln von *Bdellostoma* wiegt die Zellenbildung so vor, dass die Zellen grösser werden als die Zwischenwände dick sind, und der Knorpel erscheint ganz cellulös, wie zum Beispiel die Masse des hintern weichen Theil des Zungenbeins. Es findet daher hier dasselbe Verhältniss statt, wie bei den höheren Thieren zwischen permanenten Knorpeln mit Knorpelkörperchen und mit spongiöser Structur. Bei den Petromyzen aber sieht man an einem und demselben Stück den deutlichen Uebergang von Knorpelkörperchen in grössere Zellen. Macht man z. B. einen Durchschnitt durch die Dicke des Lippenrings von *Petromyzon marinus* und untersucht eine feine Lamelle von diesem Durchschnitt, so sieht man am Rande, wo die Substanz viel fester ist, auch wo grössere Kanäle durch den Knorpel gehen und dieser an den Wänden der Kanäle fester wird, im Innern des Knorpels die gewöhnlichen Knorpelkörperchen. Wo aber die Substanz weich wird, werden diese Körperchen grösser und die Zwischenräume derselben kleiner; beides nimmt nun so zu, dass endlich aus den Knorpelkörperchen ganz grosse, dicht an einander stossende Zellen mit dünnen Zwischenwänden werden. Wo die Zellchen sehr klein und die Zwischenstellen des Knorpels grösser sind, sind erstere undurchsichtiger,

letztere heller. Der Schatten, den die Wände der Zellen darstellen, macht diese dunkler. Wo aber die Höhlen der Zellen auf Kosten der Zwischensubstanz zunehmen, die Wände der Zellen zuletzt ganz dünn werden, da machen die Schatten der Wände die Zwischenbalken undurchsichtig und die Höhlen der Zellen erscheinen heller. Die Höhlen dieser großen Zellen kann man als solche übrigens sehr gut am Rande von Knorpelschnitten sehen, wo viele Zellen in der Mitte durchschnitten sind. Siehe Taf. IV Fig. 6.

Was in diesen Zellen enthalten ist, ist unbekannt. Die frischen Knorpel der Petromyzen sind sehr saftreich; leider habe ich indess den Inhalt dieser Zellen im Frühling nicht untersuchen können. An in Weingeist aufbewahrten Thieren kann man höchstens etwas körnige, vielleicht geronnene Substanz im Innern des zelligen Gewebes sehen.

II. *Chemische Eigenschaften.* Chevreul <sup>1)</sup> hat eine sehr genaue Arbeit über den Knorpel von *Squalus peregrinus* geliefert. Der bläuliche, biegsame, hell durchsichtige Knorpel, den er untersuchte, und der gar keine abgesetzte Kalkerde, und nicht mehr Kalksalze als andere thierische Materie enthielt, kann nur der hyalinsche Knorpel der Haifische gewesen seyn. Denn der pflasterförmige Knorpel auf der Oberfläche des hyalinschen und der faserige ossificirte Knorpel der Wirbelkörper anderer Haifische enthalten sehr viel Knochenerde. Chevreul's Untersuchung ist eine der musterhaftesten organisch-chemischen Arbeiten; gleichwohl hat man die Eigenschaften der thierischen Materie dieses Knorpels der Haifische nicht hinreichend kennen gelernt. Chevreul erhielt durch Kochen des Knorpels keinen Leim, und nach ihm bedarf das Gewebe das 1000fache Gewicht kochenden Wassers zur Auflösung. Das Gelöste wurde nicht von Galläpfelinfusion gefällt, und nur wenn die So-

1) *Ann. du mus. d'hist. nat. T. XVIII.*

lution sehr concentrirt war, bildete sich eine leichte Trübung, der keine Präcipitation folgte. Auch gelatinirte die Auflösung nach dem Abdampfen nicht. Was die Löslichkeit der Materie in Wasser betrifft, so scheint das Kochen nicht lange genug fortgesetzt worden zu seyn; denn die Knorpel von Haifischen lösten sich mir bei 36 bis 48stündigem Kochen größtentheils oder ganz in eine Materie, die nach dem Eindicken zwar nicht gelatinirt, aber leimt, und die in den mehrsten Punkten mit dem Knorpelleim der höheren Thiere übereinstimmt. Schon nach 17stündigem Kochen erhielt ich aus den Knorpeln von *Squalus cornubicus* so viel aufgelöst, daß eine nähere Untersuchung angestellt werden konnte. Galläpfelinfusion trübt die Auflösung dieser Materie stark. Die Reagentien auf Chondrin zeigen auch hier eine Reaction; Essigsäure, Alaun, schwefelsaure Thonerde trüben oder fällen die Auflösung; essigsaures Blei bringt eine leichte Trübung hervor. Salzsäure bewirkt keine Trübung. Weingeist bringt eine geringe Trübung hervor, Platinchlorid fällt nicht, salpetersaures Silber und Goldchlorid machen die Auflösung des Extractes kaum trüb. Sublimat bewirkt einen geringen Niederschlag. Hieraus geht hervor, daß in den Knorpeln der Knorpelfische das Chondrin der permanenten Knorpel der höheren Thiere enthalten ist, von dem sich die Materie in den Knorpeln der Knorpelfische nur dadurch unterscheidet, daß sie nicht gelatinirt, sondern syrupartig nach dem Eindampfen bleibt, und daß die Fällungen von den Reagentien des Chondrins hier weniger stark sind und mehr als starke Trübungen erscheinen. Ein solcher Unterschied kömmt aber schon unter den Extracten der permanenten Knorpel der höheren Thiere vor; denn das Extract der spongiösen Ohrknorpel gelatinirt nicht; obgleich es wesentlich mit dem gelatinirenden Chondrin der Kehlkopfknorpel, Rippenknorpel, Gelenkknorpel übereinstimmt. Dann gelatinirt auch der Knochenleim nicht immer, wie der von



Fischknochen, obgleich er chemisch ganz mit dem Tischlerleim übereinkömmt. Eine eiweißartige Materie ist übrigens im Knorpel der Knorpelfische nicht enthalten. Was Essigsäure allmähig von jenem Extract löst, wird von rothem Cyaneisenkalium nicht gefällt, und auch die essigsaure Auflösung von hyalinischem Knorpel von Rochen wurde von diesem Salz nicht gefällt.

C. Structur und chemische Eigenschaften des ossificirten Knorpels der Knorpelfische.

I. *Structur.* Man würde sich sehr irren, wenn man das Skelet der Knorpelfische durchgängig für ganz knorpelig hielte. So ist es allerdings bei den Petromyzeten. In einigen Gattungen von Haifischen, *Centrina*, *Spinax*, *Scyllium*, ossificirt der Wirbelkörper schon gegen die hohlen Facetten zu, und in anderen, *Mustelus*, *Carcharias*, *Zygaena*, ossificirt er größtentheils bis auf das schon beschriebene hyalinische Kreuz im Innern. Aber auch auf der Oberfläche des Skelets liegt bei den meisten Haifischen und Rochen eine ossificirte Schicht. Die ossificirten Knorpel bilden zwei Formationen.

1) *Der pflasterförmige kalkhaltige Knorpel.* Der pflasterförmige Knorpel kömmt nur bei den Haifischen und Rochen vor, bedeckt den hyalinischen Knorpel als eine härtere Kruste, und erscheint, mit Ausnahme der Wirbelkörper, an allen Knorpeln der Plagiostomen. Es besteht diese Kruste aus lauter kleinen, pflasterförmig zusammengestellten, entweder rundlichen oder unregelmäßig sechseckigen, harten Scheibchen, oder sechseitigen Prismen, die sich leicht von einander ablösen. An den Kiefern und an allen stärkeren Knorpeln sind die Pflasterstückchen meist zu kleinen Prismen ausgezogen, aber bei den Zygaenen ist das ganze Pflaster an allen Knorpeln dicker. Die Scheibchen oder Prismen variiren an Breite von  $\frac{1}{4}''$  bis  $\frac{1}{2}''$  und mehr. Von dieser pflasterförmigen Rinde sind alle hyalinischen Knorpel der meisten

Plagiostomen geschützt; die Rinde fühlt sich hart, wenn man mit dem Messer darüber herfährt. Dieser harte Knorpel giebt den Skeleten der Plagiostomen nach dem Trocknen das weisse Aussehen. An der Wirbelsäule, wo die Wirbelkörper aussen oft aus ganz festem, weder hyalinischem noch pflasterförmigem Knorpel bestehen, ist das Innere der Querfortsätze, Bogenschenkel und Dornfortsätze hyalinisch, und die Oberfläche dieser Theile daher pflasterförmig. Selten fehlt der pflasterförmige Ueberzug an den knorpeligen Bogenschenkeln, wie bei *Squalus cornubicus*, oder wo das Äufserere der Wirbelkörper auch hyalinisch ist, an diesen, wie bei *Squatina*, *Centrina* oder auch an anderen hyalinischen Knorpeln, wie bei *Centrina* und *Spinax*. Bei den Rochen sind die Seiten eines grossen Theils der Wirbel mit einer Leiste von hyalinischem Knorpel und dieser wieder mit pflasterförmigem Knorpel bedeckt. Hier, wo der vordere Theil der Wirbelsäule keine Wirbelkörper mehr enthält, und einen zusammenhängenden dünnen Knorpel, wie der Schädel darstellt, besteht dieser aus hyalinischem Knorpel und an den Oberflächen aus pflasterförmigem Knorpel, gerade so, wie das Pflaster an der äusseren und inneren Fläche der Schädelknochen vorkommt.

Im Innern des hyalinischen Knorpels findet sich äusserst selten pflasterförmiger vor; doch habe ich davon ein Beispiel an dem hyalinischen Knorpel an der Seite des mittleren Theils der Wirbelsäule bei *Myliobates aquila* gesehen. Dieser hyalinische Knorpel war nicht blofs äusserlich mit Pflaster besetzt, sondern die frisch untersuchte hyalinische Substanz enthielt auch einige Knochenfasern, die aus würfelförmigen, an einander gereihten Pflasterknorpelchen bestanden.

Die mikroskopische Untersuchung der pflasterförmigen Knorpel ist sehr interessant. Hier zeigt sich nämlich sogleich, dafs diese Art Knorpel sehr zahlreiche Knorpelkörperchen enthält, die zum Theil in strahligen Linien

angeordnet sind. Siehe Taf. IV Fig. 7 von *Myliobates aquila*. Behandelt man die Scheibchen mit Säuren unter dem Mikroskop, so entwickeln sich viele Luftbläschen; es enthalten diese Knorpel wirklich viel von Kalksalzen, und fälschlich spricht man sie den Knorpeln der Knorpelfische überhaupt ab. Die Knorpelkörperchen, früher dunkel, werden durch Säuren durchsichtiger, zeigen sich aber noch immer deutlich mit ihrer ovalen Form. Zuweilen haben die pflasterförmigen Scheibchen dreieckige Lücken zwischen sich. Taf. IV. Fig. 8 a. Diese Lücken unterhalten die Verbindung des hyalinischen Knorpels mit den über dem pflasterförmigen Knorpel liegenden weichen Theilen. Schleift man die pflasterförmigen Stückchen, so sieht man bei auffallendem Licht in einigen Fällen, aber nicht in allen, einen weissen Mittelpunkt, von welchem mehrere weisse Schenkel sternförmig ausgehen. Siehe Fig. 8 vom Unterkiefer eines grossen Rochens. Beobachtet man bei durchscheinendem Licht, so sieht man nur Knorpelkörperchen ungefähr, wie Fig. 7. Diese Körperchen haben niemals die Kanälchen, welche bei den höheren Thieren von ihnen ausgehen. In den meisten Fällen ist die mikroskopische Ansicht des pflasterförmigen Knorpels wie in Fig. 7, welche Stückchen von *Myliobates aquila* darstellt. Wird pflasterförmiger ossificirter Knorpel gekocht, so bleibt er unverändert, selbst in mehreren Tagen, und die einzelnen Scheibchen lösen sich nur von einander ab und bilden ein grobes Pulver.

2) *Der ossificirte Knorpel der Wirbel.* Der ossificirte Theil der Wirbel erstreckt sich entweder nur auf den der Höhle der Facetten nahe liegenden Theil des Wirbelkörpers, wie bei *Spinax*, *Centrina*, *Scyllium*, oder wechselt mit hyalinischen Schichten ab, wie bei *Squatina*, oder reicht bis an die Oberfläche des Wirbels, wie bei *Carcharias*, *Mustelus*, *Zygaena*, *Lamna*, wo dann nur verschiedene Stellen im Innern des Wirbelkörpers in ra-

dialer Richtung hyalinisch bleiben. Diese Ossificationen sind so vollständig, wie bei einem Knochenfisch; aber aufser dem pflasterförmigen Knorpel giebt es am Skelet der Haifische und Rochen keine Theile, welche ossificiren, als die Wirbelkörper, und nur selten, wie bei *Zygaena*, ossificiren auch die Bogen der Wirbel. Das Gewebe dieser Knochensubstanz ist feinzellig oder spongiös; ich weifs nicht, ob hier die kleinen Höhlen geschlossen sind oder unter einander zusammenhängen. Nur am Rande und an der Höhle der Wirbelfacetten hat der Knochen eine faserige Structur, so zwar, daß die Fasern hier und da zusammenzuhängen scheinen und in der Richtung der Peripherie des Wirbels verlaufen.

II. *Chemische Eigenschaften.* Die thierische Materie, welche in dem ossificirten Knorpel der Wirbelkörper enthalten ist, entfernt sich vom Knorpelleim und nähert sich einigermaßen dem gewöhnlichen Leim. Das nach Ausziehen der Kalkerde durch verdünnte Salzsäure, nach sehr langem Kochen erhaltene Extract aus Wirbelkörpern vom Hammerfisch, die vorher von allen knorpeligen Theilen vorsichtig befreit waren, wurde nicht von Essigsäure und Alaun gefällt. Das Extract gelatinirte nicht.

In Hinsicht des Kalkerdegehalts des Knorpels der Knorpelfische muß man wohl zwischen dem hyalinischen und dem ossificirten der Haifische und Rochen unterscheiden. Chevreul fand in dem bläulichen halbdurchsichtigen Knorpel von *Squalus peregrinus* nur äußerst wenig Kalkerde.

Sowohl das Resultat der Analyse, als die Angabe, daß der Knorpel bläulich, halbdurchsichtig und biegsam war, beweisen, daß der von Chevreul untersuchte Knorpel bloß hyalinischer war. Der pflasterförmige Knorpel der Haifische und Rochen, und der ganz ossificirte Knorpel der Wirbelkörper dieser Thiere enthält aber sehr viel Kalkerde. Diefß liefs schon die Festig-

keit und das weisse Ansehen dieser Knorpel vermuthen; noch mehr bestätigte sich mir dies durch das Verhalten unter dem Mikroskop bei Behandlung von feinen Durchschnitten mit Essigsäure und Salzsäure. In beiden Fällen entwickelten sich sehr viele Luftbläschen, bis der Knorpel durchsichtig geworden war. Eine Analyse der erdigen Bestandtheile dieser ossificirten Theile von Knorpelfischen ist von Hrn. Marchand angestellt. Die Resultate derselben sind in der folgenden Abhandlung enthalten. Es ergibt sich daraus, daß diese ossificirten Knorpel nicht viel weniger Kalkerde enthalten als die Knochen der höheren Thiere. Die Rückenwirbel (von *Squalus cornubicus*) hinterliessen, einer anhaltenden Weisglühhitze ausgesetzt, während welcher alle thierischen Materien zerstört und verbrannt wurden, einmal 41,55 Proc., das andere Mal 42,068 Proc. Asche. Diese enthielt sehr viel phosphorsaure Kalkerde, etwas schwefelsaure Kalkerde und sehr merkbare Spuren von Flusssäure; Kohlensäure konnte ebenfalls bemerkt werden. Die pflasterförmigen Knorpel (von einem grossen Rochen) hinterliessen einen viel unbedeutenderen Rückstand, welcher größtentheils aus phosphoraurer Kalkerde bestand. Flusssäure konnte auch hier nachgewiesen werden. Der sorgfältig gereinigte hyalinische Knorpel hinterliess einen ganz unbedeutenden Rückstand, welcher indessen auch Schwefel und Phosphor mit Kalkerde verbunden enthielt, in welcher Form konnte nicht entschieden werden.

Bei den Wirbellosen haben die knöchernen Theile wenig Aehnlichkeit in der Zusammensetzung und Structur mit den Knochen der Wirbelthiere. Ich habe schon früher angeführt, daß die thierische Substanz der Krebschalen und des sogenannten Knorpels der *Loligo* keine leimartige Materie enthält. Aber auch die Structur ist sehr verschieden. Im Allgemeinen muß man die unorganischen schaligen Absätze der Wirbellosen, wie die äu-

fseren Schalen der Mollusken wohl von den eigentlichen Knochen unterscheiden. Die unorganischen, schichtweise erfolgenden Absätze der Mollusken enthalten deutliche Spuren von Krystallisation, wie wir sie in den organisirten Knochen nie antreffen. In den dünnen, etwas geschliffenen Schichten der Austerschale sieht man mit dem Mikroskop sogleich die zwar durch das Schleifen undeutlich gewordenen, aber immer noch erkennbaren Kristallkörperchen in allen Richtungen durch einander liegen, ungefähr wie in Fig. 9 Taf. IV. Die Schale der Seeigel ist hingegen organisirter Knochen von bestimmter Structur. Sehr fein geschliffene Blättchen von der Schale eines Echinus zeigen zuletzt ein spongiöses Ansehen, indem sie von vielen Zellen durchbrochen sind. Die Wände oder Zwischenbalken der Zellen enthalten wieder, beim Lampenlicht untersucht, ein dunkles feines Netzwerk (wie in Fig. 10 Taf. IV), das mir am Tage nicht so deutlich geworden ist. Die Krebschalen bestehen durch und durch aus lauter parallel neben einander stehenden senkrechten weissen Fasern, die nach Extraction der Kalkerde biegsam sind und sich aus einander reißen lassen. Ob es Röhrchen sind, die die Kalkerde enthalten, oder ob diese an den Fasern haftet, läßt sich nicht wohl ausmitteln. Diese Fasern, die etwas wellenförmig sind, wachsen, nach Valentin's Beobachtungen, durch schichtweise Apposition von verkalkenden Häuten.

---

#### Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1.** Knochenkörperchen und Kanälchen aus dem Schädel des Menschen bei 410maliger Vergrößerung.  
**Fig. 2.** Schmelznadeln aus dem noch breiartigen Schmelz des letzten Backzahnes des Kalbes.  
**Fig. 3.** Querdurchschnitt des Glaskörpers der Chorda dorsalis von *Myxine glutinosa*.

Fig.

- Fig. 4. Senkrechter Durchschnitt eines Wirbelkörpers von *Squalus mustelus*. *a* hyalinisches Kreuz, *b* Knochen.
- Fig. 5. Knorpelkörperchen von *Bdellostoma heterotrema* Müll.
- Fig. 6. Spongiöser Knorpel von *Petromyzon marinus*.
- Fig. 7. Pflasterförmiger ossificirter Knorpel von *Myliobates aquila*, stark vergrößert.
- Fig. 8. Geschliffener Pflasterknochen vom Unterkiefer eines großen Rochens, bei auffallendem Licht unter dem Mikroskop gesehen. *a* Lücken, *b* ossificirte sternförmige Figuren.
- Fig. 9. Krystalle aus einer Schalenschicht der Auster, geschliffen, mikroskopisch.
- Fig. 10. Mikroskopische Ansicht eines Stückchens der Schale eines Seeigels bei Lampenlicht.

---

#### IX. *Chemische Untersuchung der Knorpel von Haifischen und Rochen; von R. Marchand.*

---

Eine genaue Untersuchung der Knorpel der Chondropterygier war von besonderem Interesse, da Hr. Chevreul in seiner ausgezeichneten Arbeit über die der *Squalus peregrinus* <sup>1)</sup> so höchst auffallende Resultate erhalten hatte, welche in die Lehrbücher der Thierchemie ohne Anstoss aufgenommen worden sind. Es fand nämlich dieser gelehrte Chemiker in den erwähnten Knorpeln die thierische verbrennbare Materie in einer solchen bedeutenden Menge, daß die sogenannten unorganischen Theile dagegen fast verschwanden. Hr. Prof. Joh. Müller vermuthete, daß Hr. Chevreul zu seinen Untersuchungen nur einen gewissen Bestandtheil der Fischknorpel angewandt habe, nämlich den sogenannten hyalinischen Knorpel, und

1) *Ann. des Mus. d'hist. nat.* T. XVIII.

forderte mich daher auf, eine Analyse der sämtlichen Knorpel vom *Squalus* anzustellen. Die Resultate, welche ich dabei erhielt, theile ich in folgenden Zeilen mit.

Vorerst muß indess bemerkt werden, daß mir zu dieser Untersuchung keine ganz frischen Knorpel zu Gebote standen, sondern nur solche, welche theils in Wasser, theils in Spiritus sich längere Zeit befunden hatten, wodurch ohne Zweifel eine Veränderung hinsichtlich des quantitativen Verhältnisses der darin enthaltenen Substanzen entstand. Sie rührten übrigens theils vom *Squalus cornubicus*, theils von einem großen Rochen her.

Von Wichtigkeit schien die Frage, ob diesen Knorpeln die Eigenschaft abgehe, beim Kochen Leim zu liefern, eine Frage, welche Chevreul entschieden verneint hatte. Indess ist nur durch ein zu kurze Zeit dauerndes Kochen nicht möglich demselben Leim zu entziehen; denn setzt man das Kochen ununterbrochen 72 Stunden und länger fort, so erhält man eine Flüssigkeit, welche zwar nicht Leim zu geben scheint, indess durch Galläpfeltinktur gefällt wird, und die übrigen Eigenschaften einer Leimauflösung zeigt. Da dasselbe auch von den Nasen- und Ohrenknorpeln der Menschen behauptet wird, eine Erscheinung, welche sehr auffallend wäre, so stand zu vermuthen, daß auch hier durch anhaltendes Kochen ein ähnliches Resultat erhalten werden würde. Und in der That erhielt ich nach 72stündigem Kochen eine Flüssigkeit, welche sich ganz analog der oben erwähnten verhielt.

#### 1) Rückenwirbel vom *Squalus cornubicus*.

Diese Wirbel wurden einer anhaltenden Weisßglühhitze ausgesetzt, welche alle thierische Substanz in derselben zerstörte. Der Rückstand betrug im Mittel 41,81 Procent. Mit kohlensaurem Ammoniak befeuchtet und gelinde erhitzt, um den der Kohlensäure beraubten Kalk



wieder mit derselben zu verbinden, stieg das Gewicht auf 42,93 Procent.

Die quantitative Analyse ergab Folgendes:

Thierische verbrennbare Stoffe	57,07
Phosphorsauren Kalk	32,46
Schwefelsauren Kalk	1,87
Kohlensauren Kalk	2,57
Fluorcalcium	Spur
Schwefelsaures Natron	0,80
Chlornatrium	3,00
Phosphorsaure Magnesia	1,03
Kieselerde, Thonerde, Eisen und Verlust	1,20
	<hr/> 100,00.

Bei der trocknen Destillation wurde ein schwarzes, stinkendes, nach faulen Fischen riechendes Liquidum erhalten, und eine mit schwierig zu verbrennender Kohle gemengte Asche blieb zurück.

2) Analyse des pflasterförmigen Knorpels eines grossen Rochens.

Diese Knorpel wurden sorgfältig von der Knochenhaut und dem hyalinischen Theile getrennt, und dann der Weissglühhitze ausgesetzt. Der Rückstand betrug 20,4 Procent, welche durch das Behandeln mit kohlensaurem Ammoniak auf erwähnte Weise bis auf 21,54 Proc. stieg. Der quantitativen Analyse zufolge bestand dieser Knorpel aus:

Thierische verbrennliche Materie	78,46
Kohlensaurem Kalk	2,61
Phosphorsaurem Kalk	14,20
Schwefelsaurem Kalk	0,83
Fluorcalcium	Spur
Chlornatrium	2,46
Schwefelsaurem Natron	0,70
Phosphorsäure, Magnesia und Verlust	0,74
	<hr/> 100,00.
	23 *

Wenn man diese Knorpel lange Zeit in Wasser liegen liefs, so wurde ein grofser Theil der thierischen Materie aufgelöst, und man konnte ihn zwischen den Fingern zu Körnern zerreiben.

### 3) Untersuchung des hyalinischen Knorpels.

Von diesem stand mir leider nicht so viel zu Gebote, als eine ausführliche Analyse erfordert hätte. Doch fand ich darin eine auferordentlich grofse Menge thierischer Materie, welche nach langem Kochen ebenfalls Leim gab, wie die übrigen Knorpel. Beim Glühen hinterliefs derselbe einen Rückstand, der nur sehr wenige Procente der angewandten Substanz betrug, in dem sich indefs namentlich Schwefelsäure und Salzsäure und Spuren von Phosphorsäure nachweisen liefsen, welche an Kalk und Natron gebunden waren. Hieraus geht noch mehr hervor, dafs dieser Knorpel es war, welchem Hr. Chevreul seine Untersuchung gewidmet hatte.

## X. *Untersuchung einer hydropischen Flüssigkeit; von Richard Marchand.*

Die Flüssigkeit, welche zu dieser Untersuchung diente, rührte von einer, an Bauchwassersucht leidenden Franher, welche 14 Tage vor ihrem Tode zum dritten Male gezapft wurde. Sie besafs eine gelbliche Farbe, war fast völlig durchsichtig, geruchlos, von salzigem, äufserst fade-m Geschmack. Beim Erhitzen gerann ein Theil derselben durch die ziemlich grofse Quantität von Eiweifs, die darin enthalten war. Das von dem Geronnenen abfiltrirte Liquidum wurde eingedampft und mit absolutem Weingeist ausgezogen, welcher schleimige Stoffe und Salze zurückliefs. Das durch Erhitzen abgeschiedene Eiweifs

wurde mit kochendem Wasser ausgezogen, und dieses eben so wie die abfiltrirte Flüssigkeit behandelt. Beide weingeistigen Extracte wurden vermischt, abgedampft, der syrupdicke Rückstand in kochendem Wasser gelöst, dieses vom Ungelösten abfiltrirt, und durch Eindampfen concentrirt. Zu einem Theil der klaren, aber gelblich gefärbten Flüssigkeit wurde Salpetersäure gesetzt, welche einen Niederschlag in derselben hervorbrachte, der sich durch längeres Stehen bedeutend vermehrte; dieser wurde von der darüberstehenden Flüssigkeit abfiltrirt, mit kohlensaurem Baryt zerlegt und die getrennte eingedampfte Flüssigkeit mit absolutem Alkohol ausgezogen. Das Extract wurde unter der Luftpumpe verdunstet, und lieferte eine ziemlich Quantität in langen Nadeln anschießender Krystalle.

Der andere Theil wurde mit Oxalsäure versetzt, welche ebenfalls einen Niederschlag hervorbrachte, der, ähnlich behandelt, ganz denselben krystallisirten Körper lieferte.

Diese Krystalle wurden sehr leicht durch ihre charakteristischen Eigenschaften, ihr Verhalten zu der Weinsäure, der Oxalsäure und der Salpetersäure, dem Kali, ihre Löslichkeit in Wasser und Alkohol, ihre Flüchtigkeit, und endlich durch den salpeterähnlich kühlenden Geschmack als Harnstoff erkannt.

Eine mit der Flüssigkeit unternommene quantitative Analyse, deren Details als unwichtig übergangen werden können, lieferte folgende Resultate:

200 Grm. wurden im Wasserbade bei 100° C. so lange eingedampft und getrocknet, bis sie nichts mehr an Gewicht verloren. Der Rückstand betrug 9,56 Grm. Diese hinterließen nach heftigem Glühen 2,26 Grm. Asche.

In 100 Theilen wurde die Flüssigkeit bestehend gefunden aus:

Wasser	95,22
Eiweiß	2,38
Harnstoff	0,42
Kohlensaurem Natron	0,21
Phosphorsaurem Natron	0,06
Schwefelsaurem Natron	Spur
Chlornatrium	0,82
Schleimigen Stoffen und Verlust	0,89
	<hr/> 100,00.

---

XI. *Ueber das Wesen des Verdauungsprocesses;*  
*von Dr. Th. Schwann in Berlin.*

---

Nachdem Eberle die Entdeckung gemacht hatte <sup>1)</sup>, daß die mit sehr verdünnter Salz- und Essigsäure digerirten Schleimhäute eine dem Magensaft ähnliche Masse liefern, welche die meisten Nahrungsmittel eben so auflöst und umwandelt, wie es bei der Verdauung im Magen geschieht; nachdem dieses Resultat in Bezug auf die Auflösung des geronnenen Eiweißes durch Hrn. Prof. Müller's eigene und gemeinschaftlich mit mir angestellte Versuche bestätigt worden war, und wir zugleich nachgewiesen hatten, daß dabei keine Veränderung der atmosphärischen Luft, noch eine Gasentwicklung stattfindet, handelte es sich um die Frage: Welches sind die Stoffe, die in jener Flüssigkeit also vermöge der von Eberle nachgewiesenen Identität auch in dem natürlichen Magensaft die Auflösung und Umwandlung der Nahrungsmittel bewirken.

- 1) Beschrieben in dem Werke: *Physiologie der Verdauung nach Versuchen auf natürlichem und künstlichem Wege*, von Dr. J. N. Eberle, ordentl. Mitglied der K. philosophisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg (1834).

Aus meinen Versuchen über *künstliche* Verdauung geht hervor, dafs dabei kein einzelnes Universalauf Lösungsmittel wirksam ist, sondern dafs die dabei wirksamen Materien verschieden sind für die verschiedenen Nahrungsmittel; und zwar kann man die bis jetzt in dieser Beziehung untersuchten Nahrungsmittel in drei Klassen theilen: 1) Solche, die ohne Mitwirkung der freien Säure des Magensaftes wahrscheinlich durch den Speichel verdaut werden; dahin gehört das gekochte Stärkmehl, welches durch Digestion mit Speichel, wie bei der Verdauung, in Stärkgummi und Zucker verwandelt wird. 2) Solche, die durch blofse verdünnte Säuren (Salz- oder Essigsäure) aufgelöst werden; dahin gehören der geronnene Käsestoff, Thierleim, Kleber. Die Reactionen einer Auflösung dieser Stoffe in jenen verdünnten Säuren stimmten wenigstens mit denen, welche Tiedemann und Gmelin bei der natürlichen Verdauung dieser Stoffe fanden, in den wesentlichsten Punkten überein: der Leim z. B. verlor dadurch seine Gerinnbarkeit und seine charakteristische Fällung durch Chlor. 3) Solche, bei denen, ausser der freien Säure, noch ein anderes Verdauungsprincip wirksam ist. Hieher gehören die eiweisartigen Nahrungsmittel, nämlich geronnenes Eiweis, Faserstoff und in gewisser Beziehung auch der aufgelöste Käsestoff. Die letztere Klasse nimmt unser Interesse in hohem Grade in Anspruch, sowohl weil sie die wichtigsten Nahrungsmittel enthält, als auch, und vorzüglich wegen der Eigenthümlichkeit des Processes. Sie verdient eine nähere Erörterung.

Zu den Versuchen darüber wurde eine verdauende Flüssigkeit bereitet, indem die abpräparirte Schleimhaut aus dem dritten und vierten Magen des Ochsen mit etwas Wasser und so viel Salzsäure, dafs sie ungefähr  $2\frac{3}{4}$  Proc. der ganzen Masse betrug, 24 Stunden lang digerirt und dann filtrirt wurde. Diese Verdauungsflüssigkeit enthielt 2,75 Proc. fester Substanz aufgelöst, und erfor-

derte etwas über 2 Proc. kohlensauren Kalis zur Neutralisation. Sie löste zerriebenes geronnenes Eiweiß, welches mehrere Stunden lang damit bei 30° R. digerirt wurde, fast vollständig auf.

Durch J. Müller's und andere Versuche war erwiesen, daß bloße verdünnte Säuren die Auflösung des Eiweißes nicht bewirken, daß also die Säure entweder gar nicht oder außer derselben noch irgend etwas Anderes wirksam sey. Ich beobachtete nun zunächst, daß jene Verdauungsflüssigkeit durch Neutralisation ihre Wirksamkeit verlor, daß also die Säure wirklich eine wesentliche Rolle bei der Verdauung des Eiweißes spiele, aber außer ihr noch ein anderer Stoff nothwendig sey. Aus den Versuchen über die Art der Wirkung der Säure ergaben sich folgende Thatsachen: 1) Auch nur beinahe vollständige Neutralisation der Verdauungsflüssigkeit, bei der noch Nichts aus derselben gefällt wird, hebt ihre verdauende Kraft auf. 2) Die Verdauungsflüssigkeit, in sehr hohem Grade mit säuerlichem Wasser verdünnt, verdaut sehr gut, nicht aber wenn sie mit bloßem Wasser verdünnt wird. Die nothwendige Menge der Säure richtet sich also nicht nach der Menge des Verdauungsprinzips, sondern nach der Menge des Wassers, wovon sie ungefähr  $2\frac{3}{4}$  Proc. (käuflcher Salzsäure) betragen muß. 3) Die Menge der freien Säure bleibt bei der Verdauung unverändert. Aus diesen Thatsachen läßt sich schließen, daß die freie Säure nicht bloß zur Bildung des andern Verdauungsprinzips, noch zur bloßen Auflösung oder zu einer chemischen Verbindung mit demselben dient, sondern daß sie eben so wie bei der Umwandlung des Stärkmehls in Zucker durch Contact wirksam ist.

Es waren nun die Eigenthümlichkeiten des andern, außer der Säure wirksamen Verdauungsprinzips zu untersuchen. Zunächst folgt daraus, daß auch die filtrirte ganz klare Verdauungsflüssigkeit das Eiweiß auflöst, daß dasselbe in verdünnter Salz- und Essigsäure auflöslich ist.

Da die Verdauungsflüssigkeit, wenn sie neutralisirt und dann filtrirt, und zu dem Filtrat wieder die gehörige Quantität Säure gesetzt wird, ihre verdauende Kraft behält, so muß das Verdauungsprincip auch in der neutralen Flüssigkeit aufgelöst geblieben seyn. Dampft man, um seine Auflöslichkeit in Weingeist zu untersuchen, die neutralisirte Verdauungsflüssigkeit bei niedriger Temperatur ab (wobei die verdauende Kraft nicht verloren geht) und behandelt den Rückstand mit Weingeist, so wird dadurch die verdauende Kraft ganz aufgehoben. Das Verdauungsprincip wird also durch Weingeist zerstört. Wird die Verdauungsflüssigkeit bis zum Siedepunkt erhitzt, so wird ebenfalls das Verdauungsprincip zersetzt. Um das Verhalten desselben gegen die gewöhnlichen Reagenzien zu prüfen, setzte ich dieselben der sauren oder neutralisirten Verdauungsflüssigkeit zu, trennte durch Filtration den Niederschlag von den nicht gefällten Bestandtheilen der Flüssigkeit, wusch ersteren vollständig aus, vermischte ihn dann wieder mit Wasser, welches die gehörige Quantität ( $2\frac{3}{4}$  Proc.) Salzsäure enthielt, und setzte hiezu ein Reagenz, welches die Wirkung des ersten Reagenzes ganz oder theilweise aufzuheben vermochte, z. B. Schwefelwasserstoff u. drgl. Je nachdem sich nun entweder in der letztern, den Niederschlag enthaltenden Flüssigkeit oder in dem Filtrate der Verdauungsflüssigkeit, welches die nicht niedergeschlagenen Bestandtheile enthielt, verdauende Kraft zeigte, mußte das Verdauungsprincip durch das Reagenz entweder gefällt worden seyn oder nicht. Auf diese Weise wurde ausgemittelt, daß essigsaures Blei dasselbe aus der sauren, und noch vollständiger aus der neutralen Verdauungsflüssigkeit niederschlägt, daß es auch durch Sublimat aus der neutralen Auflösung gefällt, durch Kaliumeisencynür aber aus der sauren Verdauungsflüssigkeit nicht niedergeschlagen wird. Die am meisten charakteristische Reaction aber ist die Fällung des Käsestoffs oder das Gerinnenmachen der

Milch. Dafs diese durch das Verdauungsprincip bewirkt wird, geht aus folgenden Thatsachen hervor: 1) Die Verdauungsflüssigkeit bewirkt die Gerinnung der Milch in der Wärme schon, wenn ihre Quantität nur 0,42 Proc. beträgt, während von einer Flüssigkeit, die blofse Salzsäure in demselben Grade der Verdünnung enthält, mehr als 3,3 Proc. erforderlich sind. 2) Auch die neutralisirte Verdauungsflüssigkeit bewirkt die Gerinnung der Milch. 3) Durch die Siedhitze wird diese Fähigkeit der neutralisirten Verdauungsflüssigkeit aufgehoben, was damit übereinstimmt, dafs dadurch, nach dem Oben Gesagten, das Verdauungsprincip zerstört wird. (Die beiden letzten Thatsachen (2 und 3) in Verbindung mit einander machen, dafs die Verdauungsflüssigkeit und der aufgelöste Käsestoff wechselseitig auf einander als Reagenz gebraucht werden können. Eine Flüssigkeit, die nur 0,0625 Proc. Käsestoff enthielt, wurde noch durch die neutralisirte Verdauungsflüssigkeit gefällt.) Durch alle diese Reactionen charakterisirt sich das Verdauungsprincip als ein eigenthümlicher Stoff, dem ich den Namen *Pepsin* gegeben habe. Schon allein sein Verhalten gegen Käsestoff reicht hin, seine Verschiedenheit von anderen Stoffen, namentlich vom Schleim zu zeigen. Der Schleim scheint indessen der Stoff zu seyn, aus dem sich, bei der Behandlung mit verdünnter Salzsäure, durch eine eigenthümliche Umwandlung das Pepsin bildet. Wenigstens zeigte reiner Schleim, aus dem Speichel dargestellt, nach der Behandlung mit verdünnter Salzsäure in einem Versuche eine, wiewohl sehr geringe, verdauende Kraft auf das Eiweifs.

Was nun die Art der Einwirkung des Verdauungsprincips auf das Eiweifs anlangt, so scheint dieselbe zu den katalytischen oder Contactwirkungen gerechnet werden zu müssen. Wenigstens spricht dafür die äufserst geringe Quantität Pepsin, welche hinreicht, eine grofse Quantität Eiweifs aufzulösen. Salzsäurehaltiges Wasser,



das nur  $\frac{1}{4}$  Proc. Verdauungsflüssigkeit enthielt, zeigte noch deutlich auflösende Wirkung auf das Eiweiß, und ein halbes Loth salzsäurehaltiges Wasser, dem 4,8 Gran Verdauungsflüssigkeit zugesetzt waren, löste 1 Drachme geronnenes Eiweiß innerhalb 24 Stunden bei 30° B. fast vollständig auf. Da nun jene 4,8 Gran Verdauungsflüssigkeit 0,11 Gran feste Substanz enthielten und 1 Drachme feuchtes Eiweiß nach dem Trocknen ungefähr 10 Gran wiegen, so hatte also, selbst wenn man die ganze in der Verdauungsflüssigkeit enthaltene feste Substanz als Pepsin berechnet, 1 Theil die Zerlegung von 100 Theilen Eiweiß bewirkt. Bei diesem Processe büßt das Verdauungsprincip seine verdauende Kraft zum Theil ein, woraus hervorgeht, daß es selbst dabei eine Veränderung erleidet. Ueber die äußern Bedingungen, unter denen dieser Proceß vor sich geht, ist zu erwähnen, daß er am besten bei einer Temperatur von 30° bis 40° R., doch auch, wiewohl bei weitem schwächer, bei 10° bis 12° R. von Statten geht. Bei jener höheren Temperatur löst sich geronnenes Eiweiß, wenn es gehörig zerkleinert ist, innerhalb 6 bis 24 Stunden, Faserstoff (aus dem Blut) schon in 3 bis 12 Stunden. Zutritt der atmosphärischen Luft ist, nach Müller's und meinen Versuchen, nicht nothwendig; auch findet keine Gasentwicklung statt. Einige Salze, z. B. schweflichtsaures Natron, die auch auf die Weingährung sehr störend einwirken, hindern eben so sehr die Verdauung des Eiweißes.

Die Auflösung des geronnenen Eiweißes und Faserstoffs durch die Einwirkung des Pepsins in Verbindung mit Säuren ist keine einfache Auflösung, sondern zugleich eine Zersetzung, und zwar entstehen aus dem Eiweiß: *a)* Ein dem geronnenen Eiweiß sehr verwandter Stoff, der bloß in der Säure aufgelöst ist und sich daraus durch Neutralisation derselben fallen läßt, *b)* Osmazom, *c)* Speichelstoff. Dieselben Producte liefert die Verdauung des Faserstoffs; außerdem enthält aber die Flüssigkeit, worin

Faserstoff verdaut worden ist, nicht geronnenen Eiweißstoff, der durch Siedhitze daraus niedergeschlagen werden kann. Muskelfleisch, sowohl rohes als gekochtes und gebratenes, werden ebenfalls, wie der reine Faserstoff, nur etwas schwerer, aufgelöst.

Ueber das Nähere des hier im Auszuge Mitgetheilten muß ich auf meinen Aufsatz in Müller's Archiv, 1836, S. 90, verweisen.

**XII.** *Ueber das Verhalten des Cyans zum Kadmium und über mehrere Doppelcyanüre im Allgemeinen; von Carl Rammelsberg in Berlin.*

Das Verhalten des Cyans zum Kadmium scheint bisher noch nicht der Gegenstand einer Untersuchung von Seiten der Chemiker gewesen zu seyn, wenigstens findet sich darüber nichts bekannt gemacht. Dieser Umstand möge der nachfolgenden Untersuchung zur Rechtfertigung dienen.

Die Verbindung des Cyans und Kadmiums ist nicht, wie die entsprechende des Zinks, in Wasser unauflöslich; deshalb entsteht kein Niederschlag, wenn man die Auflösung eines Kadmiumsalzes (es wurde essigsäures und schwefelsäures Kadmium angewandt) mit Cyanwasserstoffsäure versetzt. Selbst nach längerer Zeit ist die Flüssigkeit noch vollkommen klar. Zwar erfolgte gewöhnlich ein schwacher gelblichweißser Niederschlag, wenn man die Auflösung eines Kadmiumsalzes mit Cyankalium vermischte, aber nur dann entstand derselbe, wenn das letztere, durch Glühen von Kaliumeisencyanür dargestellt, eine kleine Menge dieses Salzes enthielt. Immer zeigte dieser Niederschlag einen beträchtlichen Gehalt an Cyaneisen, auch war er nicht im Uebermaße von Cyankalium auflöslich.

Schüttelt man frisch niedergeschlagenes und gut ausgewaschenes Kadmiumoxydhydrat mit reiner Cyanwasserstoffsäure, so löst sich dasselbe im Verhältniß der Concentration der letzteren auf. Beim Verdampfen der Flüssigkeit in gelinder Wärme erhält man das Cyankadmium in krystallinischer Gestalt.

So erhalten, bildet es undeutliche Krystalle von weißer Farbe, welche an der Luft unveränderlich sind, beim Zutritt derselben erhitzt, braun, dann schwarz werden, sich dabei mit einem starken Anflug von Kadmiumoxyd umgeben, und bei verstärkter Hitze dann einen Rückstand hinterlassen. Stellt man diesen Versuch mit dem gut getrockneten Salze an, so entweicht dabei kein Wasser. Auf Zusatz einer Säure wird sogleich Cyanwasserstoffsäure frei.

I. 0,414 Grm. wurden bis  $200^{\circ}$  C. erhitzt; sie hatten dadurch einen Gewichtsverlust von 0,003 oder 0,724 Proc. erlitten, von hygrokopischem Wasser herrührend. Der Rest gab, in Wasser gelöst und durch Schwefelwasserstoffgas zersetzt, an scharf getrocknetem Schwefelkadmium  $0,351 = 0,272376$  oder 67,087 Proc. Kadmium. Die abfiltrirte Flüssigkeit hinterließ beim Verdampfen einen fast unwägbaren Rückstand, der aus einer Spur Alkali bestand, die dem Kadmiumoxyd noch angehangen hatte.

II. Bei einem zweiten, auf dieselbe Art mit 0,595 angestellten Versuche ergab sich durch's Erhitzen bis  $200^{\circ}$  C. keine Gewichtsveränderung; das erhaltene Schwefelkadmium wog  $0,517 = 0,401192$  oder 67,427 Proc. Kadmium.

Stellen wir nun die Resultate beider Analysen mit einer daraus abgeleiteten Zusammensetzung in Vergleich, so erhalten wir in 100 Th. des Salzes:

	Versuch.		Atome.	Rechnung.
	I.	II.		
Kadmium	67,087	67,427	1	67,870
Cyan			2	32,130
				<hr/> 100,000.

Demnach ist dieser Körper eine Verbindung von 1 At. Kadmium und 2 At. Cyan ( $\text{CdCy}$ ).

**Kaliumkadmiumcyanür.**

Wenn man, wie oben angeführt worden, die Auflösungen von essigsaurem Kadmiumoxyd und Cyankalium vermischt und die Flüssigkeit eindampft, so krystallisirt nach dem Erkalten ein Salz in grossen deutlichen Krystallen heraus; dieß Salz ist das Kaliumkadmiumcyanür.

Die Krystalle sind regelmässige Octaëder, weiss und von ziemlich starkem Glanz, dem entsprechenden Zinksalz ganz ähnlich. Sie besitzen einen metallischen, deutlich an Cyanwasserstoffsäure erinnernden Geschmack. An der Luft verändern sie sich nicht; lösen sich in 3 Th. Wasser von gewöhnlicher Temperatur, und in ihrem gleichen Gewicht kochenden Wassers auf, nicht merklich aber in wasserfreiem Alkohol. An der Luft erhitzt, zersetzt sich dieses Salz sehr bald; es schmilzt und entwickelt reichlich braune Dämpfe von Kadmiumoxyd, indem sich gleichzeitig metallisches Kadmium an die kälteren Theile des Gefässes anlegt. Nach Erhöhung der Temperatur bis zum mässigen Rothglühen bleibt ein kohligter, alkalischer Rückstand. In einer kleinen Retorte beim Ausschluss der Luft erhitzt, schmelzen die Krystalle zu einer farblosen Flüssigkeit, die beim Erkalten zu einer grauen krystallinischen Masse erstarrte, dabei entwickelt sich, wenn das Salz zuvor gut getrocknet war, kein Wasser. Beim stärkeren Erhitzen erfolgt sehr langsam eine Zersetzung.

Von der Schwefelsäure, Salpetersäure, Chlorwasserstoffsäure und Essigsäure wird das Salz schon in der Kälte unter Entbindung von Cyanwasserstoffsäure zerlegt, namentlich wirkt concentrirte Schwefelwasserstoffsäure sehr heftig ein. Die wässrige Auflösung des Salzes wird durch Schwefelwasserstoffgas sogleich gelb gefärbt, doch befindet sich das abgeschiedene Schwefelkadmium, ähnlich

dem aus einer neutralen Auflösung gefällten Schwefelantimon, in sehr fein vertheiltem Zustande in der Flüssigkeit, so daß es durch Filtriren nicht abgesondert werden kann. Zusatz einer Säure und auch längeres Stehenlassen bewirkt jedoch vollkommene Aussonderung desselben. Jedenfalls wird das Doppelcyanür durch Schwefelwasserstoffgas leicht und vollständig zersetzt. Weder Kali noch Ammoniak trüben die Auflösung dieses Salzes; in letzterem löst es sich eben so leicht wie in Wasser auf.

Gegen die angeführten Salze verhielt sich die Auflösung dieses Doppelcyanürs folgendermaßen: *Chlorbarium*, *Chlorstrontium* und *Chlorcalcium*: weißse, in Säuren auflösliche Niederschläge. *Schwefelsaure Talkerde*, keine Fällung. *Alaun*: unter Entwicklung von Cyanwasserstoffsäure ein weißer Niederschlag, der kein Kadmium enthielt. *Schwefelsaures Zinkoxyd*: weißer im Ueberschuß des Kadmiumsalzes nicht, wohl aber in Säuren auflöslicher Niederschlag. *Schwefelsaures Manganoxydul*: weißse, bald braun werdende Flocken. *Schwefelsaures Nickeloxyd*: weißer Niederschlag, im Ueberschuß des Doppelcyanürs und in Säuren auflöslich. *Schwefelsaures Kobaltoxyd*: braun, bald weiß werdender Niederschlag, löslich wie der vorige. *Schwefelsaures Eisenoxydul*: gelber Niederschlag, an der Luft schnell grün werdend; im Ueberschuß des Doppelcyanürs nicht löslich. *Schwefelsaures Eisenoxyd*: unter Entwicklung von Cyanwasserstoffsäure Fällung von Eisenoxyd. *Schwefelsaures Kupferoxyd*: wird sogleich entfärbt, unter Entweichen von Cyangas ein bräunlichweißser Niederschlag. *Essigsäures Bleioxyd*: weißer Niederschlag. *Salpetersaures Quecksilberoxydul*: graue Fällung von metallischem Quecksilber. *Quecksilberchlorid*: keine Trübung. *Salpetersaures Silberoxyd*: weißer, im Uebermaß des Kadmiumsalzes und auch in Ammoniak löslicher Niederschlag, aus dem durch Salpetersäure Cyansilber abgeschie-

den wird. *Salpetersaures Wismuthoxyd*, *Brechweinstein*, *Zinnchlorür*: wurden weifs gefällt. *Goldchlorid*: wird sogleich entfärbt, es entweicht Cyangas, aber es bildet sich kein Niederschlag.

Um die Zusammensetzung dieses Doppelcyanürs zu ermitteln, wurden die zerriebenen Krystalle jedesmal erst bis zu  $200^{\circ}$  C. erhitzt. Dabei zeigte sie einen zwischen 0,648 und 3,107 Proc. schwankenden Gewichtsverlust, der indess, wenn das Salz zuvor einige Tage im feingeriebenen Zustande auf Löschpapier gelegen hatte, nie 1 Proc. überstieg. Daraus, so wie auch aus dem oben angeführten Verhalten des Salzes in der Hitze scheint zu folgen, dafs dieser geringe Wassergehalt nur als hygroskopisches, nicht aber als Krystallwasser zu betrachten sey. Bei den nachstehenden Versuchen ist immer ein solches, bei  $200^{\circ}$  C. getrocknetes Salz gemeint.

I. 1,120 Grm. wurden mit concentrirter Schwefelsäure eingekocht, und so lange erhitzt, bis der Ueberschufs des letzteren wieder verjagt war. Die Masse wurde sodann in Wasser aufgelöst, und Schwefelwasserstoffgas in diese Auflösung geleitet. Das Schwefelkadmium wog 0,52, entsprechend 0,40352 oder 36,028 Proc. Kadmium. Die Flüssigkeit wurde abgedampft, der Rückstand geglüht, und, um den Ueberschufs der Schwefelsäure leicht zu entfernen, auf die bekannte Art mit kohlensaurem Ammoniak behandelt. Das so erhaltene schwefelsaure Kali betrug 0,665, entsprechend 0,35954 Kali = 0,2986 oder 26,66 Proc. Kalium.

II. 1,073, eben so behandelt, gaben 0,525 Schwefelkadmium = 0,40737 oder 37,965 Proc. Kadmium; und 0,637 schwefelsaures Kali, = 0,3444 Kali = 0,286 oder 26,656 Proc. Kalium.

III. 2,21 wurden in Wasser gelöst, einige Tropfen Chlorwasserstoffsäure hinzugesetzt, und mit Schwefelwasserstoffgas behandelt. Sie lieferten 1,058 Schwefelkadmium = 0,821008 oder 37,149 Proc. Kadmium. Die

Flüs-

Flüssigkeit gab auf Zusatz von mehr Chlorwasserstoffsäure nach dem Abdampfen und gelindem Glühen 1,112 Chlorkalium = 0,58417 oder 26,433 Proc. Kalium.

IV. In einer vierten Analyse wurde aus 1,931 des Salzes 0,915 Schwefelkadmium = 0,71004 oder 37,949 Proc. Kadmium erhalten.

Stellen wir nun die erhaltenen Resultate zusammen, so ergibt sich in 100 Th. des Salzes:

	nach I.	II.	III.	IV.
Kadmium	36,028	37,965	37,149	37,949
Kalium	26,660	26,656	26,433	—

Diese Zahlen stimmen sehr gut mit der Annahme, daß das Doppelcyanür 1 At. Kadmium, 1 At. Kalium und 4 At. Cyan enthält, denn alsdann würde es in 100 Th. enthalten müssen:

Kadmium	37,734	= 1 At.
Kalium	26,533	= 1 -
Cyan	35,733	= 4 -
	100,000.	

Demnach ist das Kaliumkadmiumcyanür eine Verbindung von 1 At. des zuvor beschriebenen Cyankadmiums (Kd Cy) und 1 At. Cyankalium (K Cy) = K Cy + Kd Cy.

Auch habe ich versucht, die Zusammensetzung einiger unlöslichen Doppelcyanüre zu bestimmen, welche das so eben beschriebene in der Auflösung von Metallsalzen erzeugt. Ich wählte dazu die Zink- und die Bleiverbindung. Da indessen hier keine krystallisirten Verbindungen untersucht werden konnten, so möchten die gefundenen Resultate keinen großen Werth haben, um so mehr, als sie unter sich keine vollkommene Uebereinstimmung zeigen, und nur beweisen, daß es nicht möglich ist, diese Verbindungen ohne Zersetzung auszuwaschen.

I. Eine Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd  
Poggendorff's Annal. Bd. XXXVIII.

wurde durch das Kaliumkadmiumcyanür gefällt. Während ich dabei die Umstände jedesmal möglichst gleich zu erhalten suchte, so gab die Untersuchung der erhaltenen Niederschläge dennoch keine übereinstimmenden Resultate. In zwei Fällen enthielt der *ausgewaschene* Niederschlag 12,380 Proc. Kadmium, 51,364 Proc. Zink, und 15,5 Proc. Kadmium, 44,858 Proc. Zink. In dem *nicht ausgewaschenen* dagegen fand sich, nach Abzug des darin enthaltenen Alkalis (welches als Kaliumkadmiumcyanür in Rechnung gebracht wurde), 43,5 Proc. Kadmium, 20,78 Proc. Zink, was aber auch keinesweges einem einfachen Verhältniß entspricht, da eine Verbindung, die  $\text{ZnCy} + \text{KdCy}$  wäre, 39,593 Proc. Kadmium und 22,913 Proc. Zink enthalten müßte.

II. Vermischt man die concentrirten Auflösungen von essigsaurem Bleioxyd und Kaliumkadmiumcyanür, und wäscht den entstandenen krystallinischen Niederschlag aus, so löst sich fortdauernd ein Theil davon auf und scheidet sich beim Verdampfen der Flüssigkeit in sehr kleinen Krystallen wieder aus. Eine Untersuchung des ziemlich lange *ausgewaschenen Niederschlags* ergab: Gewichtsverlust durch's Trocknen bei  $200^{\circ}\text{C}$ . 0,55 Proc., und in dem Rest 69,433 Proc. Blei und 8,670 Proc. Kadmium (beide wurden durch Schwefelsäure getrennt); kein Alkali. *Nicht ausgewaschen* gab er in einem Versuche 1,272 Proc. Verlust beim Trocknen, und im Rest, nach Abzug der Menge des Doppelcyanürs, welche aus der gefundenen Menge des Alkalis berechnet wurde, 57,27 Proc. Blei und 18,38 Proc. Kadmium.

Das erstere Resultat entspricht ziemlich gut der Formel  $4\text{PbCy} + \text{KdCy}$ , denn diese erfordert in 100 Th.

Blei	68,816
Kadmium	9,260
Cyan	21,924
	<hr/>
	100,000.



Das letztere giebt höchstens eine Annäherung an die Formel  $2\text{PbCy} + \text{KdCy}$ ; denn eine solche würde

Blei	60,554
Kadmium	16,296
Cyan	23,150
	<hr/> 100,000

erfordern. Hier scheint die entstandene Doppelverbindung durch's Auswaschen so zersetzt worden zu seyn, dafs die Hälfte des Cyankadmiums sich auflöste.

#### Ueber die Zersetzung einiger Doppelcyanüre.

Das beschriebene Kaliumkadmiumcyanür ist, wie die Untersuchung zeigte, nicht dem Kaliumeisencyanür analog zusammengesetzt, wie man vielleicht hätte vermuthen können. Da nun diese Abweichung etwas auffallend erschien, zumal sich in Berzelius Lehrbuch (3. Auflage Bd. IV S. 477) bei dem von L. Gmelin entdeckten Kaliumzincyanür zwar nicht die procentische Zusammensetzung, wohl aber die Formel  $2\text{KCy} + \text{ZnCy}$  findet, und auch (S. 466) dem von Wöhler zuerst beschriebenen Kaliumnickelcyanür die Formel  $2\text{KCy} + \text{NiCy}$  hinzugefügt ist, so unternahm ich eine vergleichende Untersuchung dieser, so wie einiger anderen Doppelcyanüre.

#### I. Kaliumzincyanür.

Es wurde durch Auflösen von Cyanzink (aus essigsaurem Zinkoxyd und Cyanwasserstoffsäure bereitet) in Cyankalium dargestellt, war in ansehnlichen Octaëdern krystallisirt, und zeigte überhaupt alle von diesem Salze angegebenen Eigenschaften.

Da das Salz wasserfrei ist, was sich auch aus dem geringen Verlust beim Trocknen ergab, so wurde die zu untersuchende Menge zuvor stets einer Temperatur von  $200^{\circ}\text{C}$ . ausgesetzt. Sie wurde dann mit concentrirter Schwefelsäure eingekocht, und das Ganze so lange er-

hitzt, bis der Ueberschuß jener wieder vertrieben war; alsdann in Wasser aufgelöst, durch Ammoniumsulfhydrat das Zink gefällt, das Schwefelzink in Chlorwasserstoffsäure gelöst und durch kohlensaures Kali kochend niedergeschlagen. Das Alkali wurde als neutrales schwefelsaures Salz bestimmt.

*Versuch I.* 1,035 Grm. gaben an geglühtem Zinkoxyd  $0,337 = 0,270031$  oder 26,09 Proc. Zink; ferner 0,74 schwefelsaures Kali,  $= 0,400095$  Kali  $= 0,33227$  oder 32,103 Proc. Kalium.

*Versuch II.* Aus 1,458 wurden erhalten: Zinkoxyd  $0,48 = 0,384615$  oder 26,379 Proc. Zink. An schwefelsaurem Kali  $1,048 = 0,56661$  Kali  $= 0,470558$  oder 32,205 Proc. Kalium.

*Versuch III.* 0,571 gaben 0,18 Zinkoxyd  $= 0,14422$  oder 25,25 Proc. Zink. Das Alkali wurde hier nicht bestimmt.

Stellen wir nun die Ergebnisse dieser drei Analysen einer daraus abgeleiteten atomistischen Zusammensetzung gegenüber, so haben wir:

	Versuch				
	I.	III.	III.	Atome.	Rechnung.
Zink	26,090	26,379	25,250	1	25,965
Kalium	32,103	32,205	—	1	31,547
Cyan				4	42,488
					<hr/> 100,000.

Dagegen würde die a. a. O. dem Salze hinzugefügte Formel  $2KCy + ZnCy$  eine Zusammensetzung aus:

		Atome.
Zink	16,993	1
Kalium	41,295	2
Cyan	41,712	6
	<hr/> 100,000	

erfordern.

Demnach würde auch dieses Doppelcyanür, gleich wie das oben beschriebene des Cadmiums, aus 1 Atom eines jeden Cyanürs bestehen,  $=K\text{Cy} + Zn\text{Cy}$ .

## II. Kaliumnickelcyanür.

Auch dieses Salz wurde aus Cyannickel und Cyankalium bereitet, und war in rothgelben rhombischen Prismen krystallisirt. Da es Krystallwasser enthält, und zwar 1 Atom bei der angegebenen Formel (was 4,587 Proc. betragen müßte), so wurde die Bestimmung desselben nothwendig.

I. 1,225 Grm. der zerriebenen Krystalle verloren beim Erhitzen, bis  $100^{\circ}\text{C}$ . 0,03; bis  $200^{\circ}\text{C}$ . noch 0,01, so daß der Gesamtverlust  $0,04 = 3,265$  Proc. betrug.

II. 1,45 verloren bei  $200^{\circ}\text{C}$ .  $0,043 = 2,965$  Proc.

III. 0,895 desgleichen  $0,03 = 3,351$  Proc.

IV. 1,29 desgleichen  $0,04 = 3,1$  Proc.

Zur Bestimmung des Gehalts an Nickel und Kalium wurde nun das entwässerte Salz untersucht.

I. 1,185 desselben wurden mit Schwefelsäure eingekocht und der Ueberschuß der letzteren durch Erhitzen entfernt. Die trocknen schwefelsauren Salze wogen 1,748. Um nun die oft nicht gut gelingende Fällung des Nickels mit Ammoniumsulfhydrat zu umgehen, wurde in denselben die Schwefelsäure und das Nickeloxyd direct bestimmt, der Gehalt an Kali aber aus dem Verlust berechnet. Der durch Chlorbarium gefällte schwefelsaure Baryt wog 2,63, entsprechend 0,90398 Schwefelsäure. Das durch Aetzkali gefällte und geglühte Nickeloxyd wog  $0,36 = 0,28335$  Nickel. Der Rest,  $2,63 - (0,90398 + 0,36)$ ,  $= 0,484$ , war Kali, und entspricht 0,401953 Kalium.

II. 1,25, auf dieselbe Weise behandelt, gaben 0,368 Nickeloxyd  $= 0,289647$  Nickel, und 0,522 Kali  $= 0,433511$  Kalium.

Also sind in 100 Th. des wasserfreien Salzes:

	Versuch		Atome.	Rechnung.
	I.	II.		
Nickel	23,911	23,171	1	24,330
Kalium	33,920	34,680	1	32,245
Cyan			4	43,425
				<hr/> 100,000.

Das wasserfreie Salz ist also ebenfalls eine Verbindung von 1 Atom Cyannickel und 1 Atom Cyankalium,  $\text{KCy} + \text{NiCy}$ .

Was nun den Wassergehalt betrifft, so ist er für 1 Atom viel zu gering; er müßte in diesem Falle 6,892 Proc. ausmachen. Wenn man dagegen das krystallisirte Salz als  $2(\text{KCy} + \text{NiCy}) + \text{H}$  betrachtet, so würde es 3,569 Proc. Wasser enthalten, was allerdings den gefundenen Zahlen näher kommt.

### III. Kaliumquecksilbercyanid.

Dieses Salz wurde gleichfalls durch Auflösen von Cyanquecksilber in Cyankalium dargestellt, und war in regulären Octaëdern krystallisirt.

I. 1,715 Grm. gaben beim Erwärmen bis  $150^{\circ}$  C. einen Verlust von 0,003. In Wasser aufgelöst, wurden sie durch einen Strom von Schwefelwasserstoffgas zersetzt; das gefällte Schwefelquecksilber wog, scharf getrocknet, 1,088, entsprechend 0,93879 oder 54,835 Proc. (des getrockneten Salzes) Quecksilber. Die Flüssigkeit gab, mit Schwefelsäure versetzt, nach dem Verdampfen, Glühen und Behandeln mit kohlensaurem Ammoniak, um den Säureüberschuß zu entfernen, 0,695 schwefelsaures Kali  $= 0,375765$  Kali  $= 0,312065$  oder 18,228 Procent Kalium.

II. 1,493 gaben: Verlust beim Trocknen 0,003; sodann 0,902 Schwefelquecksilber  $= 0,79384$  oder 53,277 Proc. Quecksilber; 0,67 schwefelsaures Kali  $= 0,362248$  Kali  $= 0,3008397$  oder 20,19 Proc. Kalium.

III. 1,605 gaben beim Trocknen keinen Verlust; 1,035 Schwefelquecksilber = 0,89306 oder 55,642 Proc. Quecksilber, und 0,552 Chlorkalium = 0,289987 oder 18,067 Proc. Kalium.

IV. 1,614 gaben: Verlust durch's Trocknen 0,007; sodann 0,988 Schwefelquecksilber = 0,8525 oder 53,05 Proc. Quecksilber, und 0,624 Chlorkalium = 0,3278 oder 20,398 Proc. Kalium.

Diese Resultate, mit den daraus berechneten stöchiometrischen Zahlen zusammengestellt, gaben:

	Versuche				Atome. Rechnung.	
	I.	II.	III.	IV.		
Quecksilber	54,835	53,277	55,642	53,050	1	52,403
Kalium	18,228	20,190	18,067	20,398	1	20,281
Cyan					4	27,316
						<hr/> 100,000

Auch hier hätten wir demnach eine (wasserfreie) Verbindung von 1 At. Cyanquecksilber und 1 At. Cyankalium von der Formel  $KCy + HyCy$ .

Dieses Doppelcyanür ist neuerlich auch von Jackson untersucht worden <sup>1)</sup>, nach einer weniger exacten Methode. Er giebt an, in 100 Theilen gefunden zu haben.

Cyanquecksilber	91,0	d. h.	Quecksilber	72,190
Cyankalium	9,3		Kalium	5,557
Wasser	0,2		Cyan	22,553
			Wasser	0,200
	<hr/> 100,5			<hr/> 100,500

woraus sich berechnen läßt:

1) S. Thomson's *Records of general Science*, May 1836, und Pharm. Centralblatt, 1836, No. 22.

	Atome.	
Quecksilber	5	71,934
Kalium	1	5,568
Cyan	12	22,498
		<hr/> 100,000

entsprechend der Formel  $KCy + 5HyCy$ , nicht aber, wie am zuletzt angeführten Orte angegeben ist,  $KCy + 2HyCy$ . Der große Unterschied in den Resultaten der oben mitgetheilten Analysen und der von Jackson fällt in die Augen.

#### IV. Kaliumsilbercyanid.

Auch dieses Doppelcyanür erhält man, wie schon Ittner bemerkte, leicht durch Auflösen von Cyansilber in Cyankalium. Es bildet reguläre Octaëder, deren Seitenflächen oft treppenförmig vertieft sind. Bei schnellem Verdampfen seiner Auflösung erscheint es, wie auch Berzelius anführt (Lehrbuch, Bd. IV S. 630), in federförmig gestreiften Blättchen.

I. 1,07 Grm. der zerriebenen Krystalle verloren, bis  $150^{\circ}$  C. erhitzt, 0,01. Der Rest wurde in Wasser gelöst und ein Ueberschuss von Chlorwasserstoffsäure hinzugefügt, wodurch das Salz unter Entbindung von Cyanwasserstoffsäure sogleich zersetzt wird. Das Chlorsilber wog, geschmolzen, 0,75, entsprechend 0,56497 oder 53,3 Proc. Silber. Das durch Abbrauchen der Flüssigkeit erhaltene Chlorkalium betrug  $0,4 = 0,210136$  oder 19,818 Proc. Kalium.

II. 1,328 gaben Gewichtsverlust beim Trocknen 0,014, sodann 0,905 Chlorsilber  $= 0,68173$  oder 51,882 Proc. Silber; und 0,517 Chlorkalium  $= 0,27158$  oder 20,668 Proc. Kalium.

III. 0,975 verloren durch's Trocknen 0,004, und gaben Chlorsilber  $0,668 = 0,5032$  oder 51,823 Proc. (wie

immer, des trocknen Salzes) Silber; und 0,385 Chlorkalium = 0,20225 oder 20,829 Proc. Kalium.

IV. 1,582 gaben: Verlust beim Trocknen 0,002, sodann Chlorsilber 1,118 = 0,84218 oder 53,302 Proc. Silber, und 0,585 Chlorkalium, = 0,30732 oder 19,45 Proc. Kalium. Der Gewichtsverlust, den das Salz, diesen Versuchen zufolge, beim Erhitzen erleidet, beträgt in:

I.	II.	III.	IV.
0,934 Proc.	1,054 Proc.	0,41 Proc.	0,126 Proc.

und ist wohl als von hygroskopischem Wasser herrührend zu betrachten.

Die procentische Zusammensetzung des trocknen Salzes, wie sie die obigen Versuche ergeben, und die daraus berechneten Atomzahlen sind:

	Versuche				Atome. Rechnung.	
	I.	II.	III.	IV.		
Silber	53,300	51,882	51,823	53,302	1	54,035
Kalium	19,818	20,668	20,829	19,450	1	19,586
Cyan					4	26,379
						<hr/> 100,000

Also besteht auch das Kaliumsilbercyanid aus 1 At. Cyansilber und 1 At. Cyankalium, entsprechend der Formel  $KCy + AgCy$ .

Als Resultat der hier mitgetheilten Versuche ergibt sich, dafs die analysirten Doppelcyanüre, nämlich:

- 1) das Kaliumkadmiumcyanür,
- 2) - Kaliumzinkeyanür,
- 3) - Kaliumnickelcyanür,
- 4) - Kaliumquecksilbercyanid,
- 5) - Kaliumsilbercyanid

eine ganz analoge Zusammensetzung haben, nämlich Verbindungen sind von 1 At. Cyankalium und 1 At. des anderen metallischen Cyanürs. Die gleiche Krystallform aller (mit Ausnahme des Nickelsalzes, welches Wasser

enthält) deutet schon auf Gleichheit in der atomistischen Construction. Sehr unerwartet ist es aber, in der Zusammensetzung dieser Salze keine solche Analogie mit dem Kaliumeisencyanür zu finden, welches bekanntlich 2 At. Cyankalium gegen 1 At. Eisencyanür enthält. Um jeden möglichen Irrthum von meiner Seite aufzufinden, der in der Art und Weise, die oben aufgestellten Formeln aus den Resultaten der Analysen zu berechnen, seinen Grund haben könnte, unternahm ich auch eine Untersuchung des Kaliumeisencyanürs, gelangte aber, wie sich schon voraussehen liefs, zu dem schon längst bekannten Resultate, welches auch ganz ungezwungen zu der bekannten Formel führte. Ich erwähne dies nur deshalb, weil es, wie man sieht, eine Controle für die von mir zu Grunde gelegte Rechnung ist.

---

### XIII. Ueber einige Producte der trocknen Destillation; von H. Hefs in St. Petersburg.

(Aus den *Memoires de l'academie des Sciences de St. Petersburg*, VI. Série T. III, von dem Verfasser für diese Annalen, besonders bearbeitet.)

---

#### II. Ueber die Existenz zweier Reihen von Kohlenwasserstoffverbindungen.

In der Abhandlung, welche in den XXXVI. Bd. dieser Annalen, S. 417, eingerückt ist, glaube ich bewiesen zu haben, dafs: 1) die Naphta ein Product der trocknen Destillation sey, und 2) dafs die natürliche, so wie die künstlich dargestellte, nach der Formel  $\text{CH}^2$  zusammengesetzt sey. — Diesen letzten Punkt will ich noch mit einigen Worten beleuchten, bevor wir in dem Gegenstande weiter gehen; und zwar will ich dazu die Resultate meiner Analysen hier so zusammenstellen, dafs ich



den Kohlenstoff und Wasserstoff, den die Analysen gegeben, zusammengenommen = 100 setze. Wo ein Verlust stattfand, da wird die demselben proportionale Zahl in der dritten Columnne aufgeführt.

	In 100 Th.		Sauerstoff.
	C.	H.	
1) Natürliche Naphta durch mehrmalige Destillation mit Schwefelsäure . . . .	85,66	15,00	
dito mit Wasser und mit Kalilauge gereinigt (a. a. O. S. 426) . . . . .	86,95	14,70	
2) Naphta aus Baku 1 Mal mit Wasser destillirt (a. a. O. S. 429) . . .	85,66	14,34	0,45
3) Steinöl 1 Mal für sich destillirt . .	85,95	14,05	3,62
4) Eine andere Portion von demselben Steinöl ebenfalls für sich destillirt (a. a. O. S. 430, sub No. V) . . . .	85,83	14,17	5,44
5) Eine neue Portion Steinöl ebenfalls für sich destillirt (a. a. O. S. 430, sub No. VI) . . . . .	86,05	14,04	6,25
6) Ebenfalls (a. a. O. S. 431, No. VII)	85,74	14,27	3,76
7) Künstliche Naphta (a. a. O. S. 432)	85,88	14,13	4,16
	85,97	14,08	4,81
	86,00	13,99	4,54
	86,13	13,87	4,86
8) Dieselbe über Wasser abgezogen	86,56	14,08	
CH <sup>2</sup> enthält aber nach der Theorie	85,96	14,04	

Betrachtet man nun das Verhältniß des Kohlenstoffs zu Wasserstoff, so wird man wohl überzeugt seyn, daß es das nämliche wie im ölbildenden Gase sey. Auch darf ich nicht mit Stillschweigen übergehen, daß die Hrn. Sell und Blanchet (dies. Annal. Bd. XXIX S. 134) und Hermann in Moskau (dies. Ann. Bd. XVIII S. 386) ähnliche Resultate erhalten hatten. Es bleibt mir nur noch übrig zwei Einwendungen zu begegnen: Ein Mal, woher der Verlust? zweitens aber, daß ich nicht reine bestimmte Verbindungen der Analyse unterwarf.

Was den Verlust zuförderst anlangt, so pflegt man

bei Analysen organischer Körper den Sauerstoff nur als Verlust zu erhalten. Da ich aber dem Gegenstande nicht vorgreifen wollte, so habe ich den von mir erhaltenen Verlust als Verlust angeführt, und erkläre erst jetzt nachdem ich mich durch Versuche davon überzeugt habe, daß er in Sauerstoff bestand. Das Nähere wird man im Verlaufe dieser Untersuchung finden.

Was die zweite Einwendung anlangt, so wird man hoffentlich aus dieser Arbeit sehen, daß die Elementar-Analysen *der einzige Weg waren*, der mich dem Ziele näher bringen konnte. Es liegt darin etwas Unwissenschaftliches, ein Hülfsmittel aus vorgefaßter Meinung zu vernachlässigen. Man sollte sich nicht fürchten in schwierigen Fällen einige Analysen zu machen, selbst wenn man sich hernach genöthigt sehen sollte deren Resultate als unbrauchbar wegzusetzen, wohl hüte man sich aber daraus mehr zu schliessen, als mit Strenge aus ihnen gefolgert werden kann.

In meinem ersten Aufsätze, wo ich das Steinöl abhandelte, hatte ich, von der chemischen Aehnlichkeit desselben mit dem Eupion geleitet, immer dahin gestrebt, zu zeigen, daß sie im Princip identisch seyen, und nur als ich auf künstlichem Wege, anstatt Eupion, Steinöl dargestellt hatte, welches dem natürlichen sowohl an physikalischen als auch an chemischen Eigenschaften und der Zusammensetzung ganz gleich war, nur dann überzeugte ich mich, daß Steinöl oder Naphta und Eupion verschieden sind, da sie so verschiedene Siedpunkte besitzen. Es stellte sich also ganz von selbst die Aufgabe, das gegenseitige Verhältniß beider näher zu untersuchen, und dazu mußte Eupion bereitet werden. Im Verlauf der Arbeit stieß ich auf Gegenstände, die zuerst aufgeklärt werden mußten, und dieß soll in vorliegender Abhandlung geschehen.

Um Oeltheer zu gewinnen nahm ich das bei uns gebräuchliche Lampenöl (gereinigtes Hanföl). Zuerst ver-

suchte ich es aus einer Blase zu destilliren, stand aber bald davon ab und bediente mich mit viel Bequemlichkeit folgenden Apparates. Er besteht aus einem Flintenlauf, der in einem Ofen, wie man ihn zu Analysen organischer Körper gebraucht, angebracht ist. Sein vorderes Ende ist etwas gebogen, um in die obere Mündung der Schlangenhöhre eines Kühlflasses befestigt zu werden. Das hintere Ende wird mit einem Korkpfropfen verstopft; von oben ist aber ein Loch ausgebohrt, in welches ein Kork mit einem gebogenen Trichter eingesetzt wird. Nachdem der Flintenlauf durch Kohle erhitzt worden ist, läßt man das Oel aus einer Flasche, welche mit einer Mariotteschen Röhre versehen ist, langsam in den Trichter fließen. Dadurch wird also der Flintenlauf ganz gleichmäßig mit Oel gespeist, und man hat es ganz in seiner Gewalt, die Destillation schneller oder langsamer zu leiten. Das untere Ende des Kühlrohrs ist mit einer Wulfschen Flasche verbunden, diese mit einer zweiten, von der endlich ein Rohr nahe an den Ofen, der zum Erhitzen dient, geführt wird, und dort mit einem Gasbrenner endigt. Die Verbindungen der Vorlagen müssen alle sorgfältig gemacht seyn, damit nirgends anders Gas als durch den Brenner entweichen kann. Während des ganzen Verlaufes der Destillation entweicht brennbares Gas, welches, am Ende angezündet, bei Abwesenheit alles andern Lichtes, den Arbeitsraum hinlänglich erhellt. — Es folgt aber diesem Gase eine höchst unerträgliche Gasart, welche, wenn sie nicht verbrennt, die Augen heftig zu Thränen reizt. Es ist Lampensäure, die sich während des ganzen Verlaufs in reichlicher Menge erzeugt, und wovon, ihrer Flüchtigkeit wegen, nur ein Theil mit den flüssigen Producten in der Vorlage condensirt wird. — Man destillirt auf diese Weise leicht 80 Unzen Oel in einem Tage. Am folgenden Tage muß der Flintenlauf von abgesetzter Kohle gereinigt werden, weil er sonst leicht nach 2 bis 3 Tagen von derselben verstopft würde.

Bei diesem Verfahren sammelt sich das abgekühlte Destillat in der ersten Vorlage an. In die zweite Vorlage oder Wulfesche Flasche, durch welche das entweichende Gas streichen mußte, hatte ich eine Auflösung von ätzendem Kali vorgeschlagen. Der Versuch hatte kaum etliche Stunden gedauert, als die Kaliauflösung schon ganz gelb und trübe geworden war. Es bildete sich bald ein braungelber Niederschlag, der alle Eigenschaften des von Liebig, unter dem Namen Aldehydharz beschriebenen Stoffes besaß. Wenn man es versucht, statt ätzenden Kali, eine gesättigte Auflösung von Ammoniak vorzuschlagen, so wird es auch trübe, und es bildet sich darin ein weißer Niederschlag, der sich auch in allen Glasleitungsröhren absetzt, wo nur Ammoniakdämpfe mit den entweichenden Gasen in Berührung kommen.

Ob zwar nun die weiße Verbindung mir, nach einigen damit angestellten Versuchen, ganz und gar die Eigenschaften des Aldehyd-Ammoniaks zu besitzen schien, sie, so wie dieses, von der Luft gelb ward, und eben denselben Geruch verbreitete, was ich an einer kleinen Portion Aldehyd-Ammoniak, welches ich der Gefälligkeit des Hrn. Dr. Fritzsche verdankte, prüfen konnte, so konnte ich doch nicht umhin, die Sache noch besonders zu untersuchen. Ich schlug nämlich, statt Kalilauge und Ammoniak, Aether vor, und sättigte ihn hierauf mit trockenem Ammoniakgas, wobei die ganze Flüssigkeit zu einem Brei gestand. — Es hatte sich darin Aldehyd-Ammoniak gebildet, was auch die Probe mit salpetersaurem Silber bestätigte. — Ich werde nicht ermangeln in einer besondern Arbeit zu untersuchen, ob der von mir unter dem Namen Lampensäure bezeichnete Stoff mit Aldehydsäure identisch sey oder nicht. Dieses Mal wollen wir uns mit dem flüssigen Destillate beschäftigen. Das von mir gebrauchte Oel hatte ein spec. Gew. von 0,96, das

erhaltene Destillat hatte im Mittel 0,93. Als eine hinreichende Portion davon gesammelt war, so wurde es aus einer kupfernen Blase, deren Deckel vollkommen luftdicht schloß, und also gar nicht verklebt zu werden brauchte, destillirt. Ein Thermometer, welches durch den Deckel in die Flüssigkeit tauchte, erlaubte während des ganzen Vorganges die Temperatur zu beobachten. Das Uebergehende wurde durch das nämliche Kühlfafs, wie zuvor, geleitet, die Abkühlung selbst aber immer sorgfältig durch Eis unterhalten. Die Flüssigkeit, die in die Blase gegossen wurde, hatte einen unerträglichen Geruch nach Lampensäure; sie fing bei  $75^{\circ}$  C. zu kochen an, dieser Kochpunkt stieg aber sehr bald auf  $140^{\circ}$  C. Was bis zu dieser Temperatur übergegangen war, hob ich für sich auf. Es war aber so flüchtig, ergriff so heftig die Augen und die Respirationsorgane, dafs man den Gedanken aufgeben mußte, eine länger fortdauernde Arbeit in diesem Zustande vorzunehmen. In der That ist die Wirkung, welche es auf die Augen ausübt, so heftig, dafs es bei Jedermann augenblicklich ein heftiges Thränen-Ausströmen bewirkte. Als ich aber suchte die Flüssigkeit mit ätzendem Kali zu sättigen, so erhitzte sie sich bis zum Kochen, der Kork wurde aus der Flasche mit Heftigkeit herausgeschleudert und es verdampfte schnell eine bedeutende Portion derselben. Diese Erfahrung belehrte mich also, dafs ich die Producte nicht so früh fractioniren müsse; ich trieb daher später die Destillation bis  $200^{\circ}$  C., hob alsdann die übergegangene Flüssigkeit ab. Sie bestand aus zwei Schichten: die untere abgelagerte, aus Wasser, Essigsäure, Lampensäure etc. Sie wurde durch einen Scheidetrichter abgesondert, aber nicht weiter untersucht. Die obere Flüssigkeit wurde nun unter künstlicher Abkühlung mit ätzendem Kali gesättigt. Die Lauge benahm ihr den durchdringenden Geruch und färbte sich dabei gelblich; die so gereinigte Flüssigkeit wurde

nun mit Wasser destillirt. Die erste Portion, welche bis 75° C. überging, zeigte ein spec. Gew. von 0,711, sie war fast ganz farblos.

Zur weiteren Reinigung standen mir zwei Wege offen; ich konnte die Flüssigkeit mit Schwefelsäure behandeln, wie es Reichenbach gethan hat, oder sie bloß wiederholten Destillationen unterwerfen. Ich versuchte sie beide, wurde aber bald gewahr, daß ich mit der Behandlung mit Schwefelsäure nicht weit kommen würde; der Kochpunkt der Flüssigkeit wurde durch die Schwefelsäure eben nicht herabgebracht, das Gemenge erhitze sich stark, bräunte sich, es trat eine Zersetzung ein, kurz alle Erscheinungen, welche Reichenbach einem starken Gehalt an Essiggeist zuschreibt.

Ich schüttelte daher meine Flüssigkeit mit mehrmals erneuerten Quantitäten Wassers, sie erlitt aber keinen bemerkbaren Abgang, erhitze sich mit Schwefelsäure nach wie vor, und selbst Destillationen über Wasser vermochten nicht ihre Eigenschaften zu ändern. Da wurde es mir dann klar, daß hier das Bräunen nicht von Essiggeist herrühren könne. Als Reichenbach den Essiggeist in den Producten der trocknen Destillation aufsuchte (Schweigger-Seidel's Jahrbuch, Bd. LXIX oder Jahrgang 1833, S. 177), so trennte er ihn durch Schütteln mit Wasser von Eupion. Nachdem er dessen Verhalten gegen Schwefelsäure geprüft, und S. 184 seine Ansicht mitgetheilt, daß der Essiggeist nicht bloß aus der Zersetzung der Essigsalze hervorgeht, sondern ein Product der trocknen Destillation aller organischen Körper sey, unterstützte er seine Meinung durch folgende Worte: »In der That habe ich, als ich diese Untersuchung auf andere Theere ausdehnte, den Mesit auch im Steinkohlentheere, und in besonders reichlicher Menge im Thiertheere vorgefunden. Um sich davon zu überzeugen, darf man letzteren nur aus dem Wasserbade destilliren und die öligen Vorläufe mit starker Schwefelsäure mischen; wäh-

während sich nun der eine Mischungstheil, das Eupion, abscheidet, geräth der andere, der Mesit, in heftige Erhitzung, Bräunung und gewöhnlich in's Kochen.« — Es springt nun in die Augen, daß in der citirten Argumentation ein logischer Schnitzer enthalten ist; denn, weil Mesit sich mit Schwefelsäure bräunt und erhitzt, folgt noch nicht, daß alles, was sich mit Schwefelsäure bräunt und erhitzt, Mesit sey. Es ist nicht zu verkennen, wie sehr diese Umkehrung eines *allgemein bejahenden Satzes* und die daraus entsprungene falsche Meinung Reichenbach in allen seinen späteren Forschungen hinderlich gewesen ist. Im Vorbeigehen mag nun hier auch erwähnt werden, daß wenn Reichenbach es für gut befunden hat, den alten Namen Essiggeist mit dem von Mesit zu vertauschen, er diesen neuen Namen noch durch gar nichts gerechtfertigt hat, sondern nur einen neuen Schnitzer begehrt, wenn er, wie S. 186, sagt: »Wenn aber ein Stoff *mit Essig gar nichts gemein hat*, sondern derselbe ein allgemeines Product der trocknen Destillation überhaupt ist, das sich in allen Umständen und aus allen organischen Materien erzeugt etc.« Es scheint doch, daß Hr. Reichenbach es erst durch Versuche hätte darthun müssen, daß der Essiggeist mit dem Essig gar nichts gemein hatte, da doch Essig hier vorhanden und dessen Zersetzung nicht unmöglich war, der Essiggeist also nur ein secundäres Product seyn konnte.

Da ich nun eingesehen hatte, daß ich wahrscheinlich mit etwas anderem als mit Essiggeist zu thun hatte, und der Versuch mich bald lehrte, daß ich durch Schwefelsäure eine große Menge meines öligen Destillates zersetzen, dabei aber nur sehr wenig Eupion gewinnen würde, so entschloß ich mich, den Weg der fortgesetzten Destillation fortzugehen, die Producte aber von Zeit zu Zeit zu analysiren, um Winke über die Veränderungen, die sie in ihrer Zusammensetzung erlitten, zu bekommen.

Ich schüttelte daher die Flüssigkeit mit einer Auflö-

sung von ätzendem Kali, bis es keine Spur mehr von Bräunung zeigte, und destillirte es dann aus dem Wasserbade. Die Vorlage wurde sorgfältig mit Eis und Salz abgekühlt, und der Antheil des Destillates, der bis  $45^{\circ}$  C. überging, für sich aufgehoben. Ich muß hier ausdrücklich bemerken, daß die Destillation unter vollständigem Kochen der Flüssigkeit betrieben wurde, so daß also das Destillat nicht etwa als Product einer langsamen Verdunstung zu betrachten war, sondern in der That sein Kochpunkt unter  $+45^{\circ}$  liegen mußte. Die so erhaltene Flüssigkeit hatte einen besonderen Geruch, der, ob zwar nicht mir, aber doch vielen anderen Personen unangenehm vorkam. Ihr spec. Gew. fand ich mit dem Aräometer bei  $+20^{\circ}$  C.  $= 0,648$ . Ich gebe diese Zahl indessen nicht für ganz genau aus, weil die Bestimmung des spec. Gew. einer so flüchtigen Flüssigkeit, zumal wenn sie sich durch die Wärme stark ausgedehnt, besondere Vorsicht erfordert, die ich nicht an einer Flüssigkeit von noch unbeständigem Kochpunkt verschwenden wollte.

Der zweite Antheil des Destillates wurde abgehoben als die Siedbitze der Flüssigkeit bis  $+75^{\circ}$  gestiegen war. Der übrige Theil des Destillates, der zwischen  $75^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  C. überging, wurde für sich aufgehoben; es ist wohl zu bemerken, daß, als die Destillation ganz abgebrochen wurde, in der Retorte noch ein Rückstand geblieben war, dessen Kochpunkt über  $100^{\circ}$  C. sich befand. Bei diesen Destillationen hatte ich Gelegenheit die interessante Beobachtung zu machen, daß die drei Destillate, den Rückstand in der Retorte nicht mit gerechnet, mehr Raum einnahmen, als die ursprüngliche Flüssigkeit. — Es hatten also durch diese Absonderung die Theile der Flüssigkeit sich gleichsam von einander entfernt. — Diefß brachte mich auf die Vermuthung, daß vielleicht das Kochen an sich den Aggregatzustand dieser Flüssigkeit ohne Umwandlung in der Zusammensetzung verändere, und daß vielleicht darin der Grund liege, daß man



noch nie einen beständigen Kochpunkt bei öligen Producten der trocknen Destillation gefunden habe. Um diese Vermuthung zu prüfen, schloß ich einen Antheil der leichteren Flüssigkeit in eine U-förmig gekrümmte Röhre. Der eine Schenkel wurde von einer bedeutenden Länge genommen, in den kurzen wurde ein Thermometer eingeschmolzen, dann die Flüssigkeit eingefüllt, die ganze Röhre luftleer gepumpt und dann hermetisch zugeschmolzen. Indem nun das untere Ende in warmes Wasser gestellt wurde, wodurch die Flüssigkeit in's Kochen gerieth, so wurde der obere Theil durch Eis sorgfältig abgekühlt, so daß die condensirte Flüssigkeit immer wieder zurückströmte. Der Apparat wurde zwei Stunden im Kochen erhalten, ohne daß ich eine Veränderung im Kochpunkt mit Gewißheit bemerken konnte. Es war also sicher, daß der veränderliche Kochpunkt nur von dem gemengten Zustande der Flüssigkeit abhing.

Nun mußte ich wünschen über die Zusammensetzung der erhaltenen Flüssigkeit Auskunft zu erhalten. Ich untersuchte zuerst den minder flüchtigen Antheil, der bei  $+45^{\circ}$  C. zu sieden anfang, und zerlegte eine unbestimmte Menge, um über das Verhältniß des Kohlenstoffs und Wasserstoffs Auskunft zu erhalten.

Der Versuch gab:

$$\ddot{C}=1,403 \text{ oder } C=0,38794$$

$$\ddot{H}=0,548 \text{ oder } H=0,06087.$$

Das ist in 100 Theilen:

		Atome.	Berechnet.
Kohlenstoff	86,43	1	85,96
Wasserstoff	13,57	2	14,04
	<u>100,00.</u>		

Es läßt also dieser Versuch kein anderes Verhältniß der Atome vermuthen als 1 : 2. Der kleine Ueberschuß an Kohlenstoff mußte aber die Frage veranlassen,

ob die von mir erhaltene Flüssigkeit nicht etwas Benzin enthielt, welches, ob zwar sein Kochpunkt bei  $86^{\circ}$  liegt, doch sehr gut sich hätte darin finden können. Ich setzte meine Flüssigkeit einer künstlichen Kälte von  $-20^{\circ}$  aus, wobei sich aber nichts ausschied. Auch habe ich im verflossenen Winter, wo die Kälte bei uns so strenge war, hinreichend Gelegenheit gehabt, ihre Einwirkung zu versuchen, aber stets ohne dafs sich irgend etwas abgesetzt hatte.

Nun unterwarf ich die Flüssigkeit einer quantitativen Analyse. Von 0,592 wurde erhalten an Kohlensäure 1,831, an Wasser 0,712; dies giebt aber in 100 Th.:

Kohlenstoff	85,51
Wasserstoff	13,55
	<hr/> 99,06.

Nimmt man nun den Kohlenstoff und Wasserstoff zusammen in 100, so hat man, wie das erste Mal, in 100 Theilen:

Kohlenstoff	86,48
Wasserstoff	13,52.

Ich legte jetzt Natrium-Metall in die Flüssigkeit, und wurde bald gewahr, dafs die Oberfläche des Metalls braun wurde. Die Flüssigkeit wurde also so lange mit Natrium geschüttelt, bis das Metall ganz blank blieb, über Natrium dann abdestillirt, ohne dafs dieses anliefe, und dann von Neuem der Analyse unterworfen.

III. Ich erhielt von 0,428 Flüssigkeit: 1,34 Kohlensäure und

0,521 Wasser

oder in 100 Theilen:

Kohlenstoff	86,57
Wasserstoff	13,60

---

100,17.

Es kann also diese Flüssigkeit keine andere Zusam-

mensetzung haben als die des ölbildenden Gases, und es lieferte dieser Versuch den *factischen Beweis*, dafs das Erwärmen der Flüssigkeit, wenn man sie mit Schwefelsäure behandelt, einen Gehalt an Essiggeist nicht nothwendig bedingt, denn, indem der Stoff, von dem gegenwärtig die Rede ist, keinen Sauerstoff enthielt, also auch keinen Essiggeist, so konnte er dennoch nicht mit Schwefelsäure zusammengebracht werden, ohne sich stark zu erhitzen. Die Flüssigkeit war, wie ich schon oben angeführt habe, eine gemengte, ein Mal weil sie keinen beständigen Kochpunkt hatte, und zweitens weil sie, mit Schwefelsäure langsam und unter künstlicher Abkühlung gemischt, eine tief carmoisinrothe Verbindung lieferte, über welche sich eine ganz farblose Flüssigkeit lagerte. Die Ausbeute an dieser letzteren war nur gering, und selbst nach zwei Monaten hatte sie nur unbedeutend zugenommen. Abwechselnd mit Kalilauge und Schwefelsäure geschüttelt, nahm sie einen angenehmen moschusartigen Geruch an. Ich habe einen Versuch zur Bestimmung ihrer Zusammensetzung gemacht, der mir aber nicht geglückt ist.

0,425 Grm. liefert. 1,3 Kohlensäure u. 0,555 Wasser  
 0,407 - - 1,235 - - 0,550 -

Diefs giebt in 100 Theilen:

Kohlenstoff	81,76	83,93
Wasserstoff	14,50	14,75
	<hr/> 99,26	<hr/> 98,68.

Da beide Versuche mit derselben Flüssigkeit angestellt worden sind, so müßte man mehr Uebereinstimmung verlangen; ich glaube in der That, dafs der Kohlenstoff in beiden zu klein ausgefallen ist, und dafs der sehr gemengte Zustand der Flüssigkeit daran Schuld ist; indem sie anfangs bei 60° schon in vollem Sieden war, der letzte Antheil aber volle Glühhitze verlangte, um aus der Kugel ausgetrieben zu werden. In der That konnte

es auch nicht anders seyn, als dafs ich hier eine sehr gemengte Flüssigkeit bekommen mufste.

Was nun die leichteste von mir erhaltene Flüssigkeit anlangt, so habe ich sie auch einigen analytischen Versuchen unterworfen. Als die Flüssigkeit noch ein Mal mit Kalilauge geschüttelt worden war und dann in einem ganz verschlossenen Apparat bei gelinder Wärme abgezogen wurde, so war sie so flüchtig, dafs sie bei dem Oeffnen des Apparates in Kochen gerieth. Nachdem das Kochen etwas nachgelassen hatte, so war sie doch noch so flüchtig, dafs sie nicht mit der Hand gehalten werden konnte, ohne in's Sieden zu gerathen. Ich erhielt bei der Analyse folgende Resultate:

I.	0,539 Grm.	gab.	1,619 Kohlensäure u.	0,656 Wasser
II.	0,4125	-	1,225	- 0,500
III.	0,4475	-	1,33	- 0,542
IV.	0,661	-	2,016	- 0,796
V.	0,498	-	1,536	- 0,614

Diefs giebt in 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlenstoff	83,05	82,06	82,17	84,33	85,28
Wasserstoff	13,52	13,46	13,45	13,38	13,69
	96,57	95,52	95,62	97,71	98,97.

Nimmt man nun in jedem Versuch die Summen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs = 100, so erhält man folgende Zahlen für das Verhältnifs beider Bestandtheile:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlenstoff	86,00	85,90	85,93	86,30	86,16
Wasserstoff	13,99	14,08	14,06	13,69	13,83
	99,99	99,98	99,99	99,99	99,99.

Es ist also hier ganz genau das Verhältnifs der Atome wieder wie 1 : 2. Die Flüssigkeit, welche ich der Analyse unterworfen hatte, veränderte die Kaliallösung nicht, und konnte auch über Natrium-Metall abge-

zogen werden, ohne es zu verändern. Sie enthielt also höchst wahrscheinlich keinen Sauerstoff, ist aber auf jeden Fall zu flüchtig, um keinen Verlust bei der Analyse zu geben; den flüchtigsten Antheil aber erst abdestilliren zu lassen und blofs den Rückstand zu analysiren, hätte offenbar keinen Zweck gehabt. — Dafs die Flüssigkeit aber keinen Sauerstoff enthielt, glaube ich auch daraus schliessen zu können, dafs wenn man sie einige Zeit in einer nicht vollkommen verschlossenen Flasche mit Kalilauge stehen liefs, sie die Lauge bald braun färbte, und sich dann ein Stoff absetzte, welchen ich für Aldehydharz zu halten allen Grund habe. — Als ich dieses bemerkte, so liefs ich einen Antheil von dieser leichten Flüssigkeit über Quecksilber mit reinem Sauerstoffgase in Berührung treten. Die Absorption fing am zweiten Tage schon an bedeutend zu werden, und nahm dann sehr bald so zu, dafs die Glocke mit Sauerstoff von Neuem gefüllt werden mußte. Als ich nun diese zum Theil oxydirte Flüssigkeit mit Kalilauge behandelte, so schieden sich reichlich Flocken von Aldehydharz ab. Es verdient also die Frage ganz besonders untersucht zu werden, ob durch Oxydation des von mir untersuchten flüssigen Kohlenwasserstoffs sich wirklich Aldehyd bilden, oder ob das Aldehydharz sich hier auch auf anderen Wegen bilden konnte. Diese Frage verdient um so mehr Berücksichtigung, als hier, glaube ich, das erste Beispiel der directen Oxydation eines Kohlenwasserstoffs geliefert wird. Auch die weniger flüchtige Flüssigkeit, welche ohne Verlust analysirt werden konnte, gab ganz das nämliche Resultat. In Beziehung auf die leichteste Flüssigkeit muß ich hier bemerken, dafs sie, mit Schwefelsäure gemischt, selbst nach zwei Monaten keine Spur eines ungebundenen Kohlenwasserstoffs an der Oberfläche abschied. — Auch theilte diese Flüssigkeit, welche mit Faraday's leichter Flüssigkeit beinahe zusammenfällt, die Eigenschaft, die Faraday an ihr bemerkt, dafs sie bei raschem Verdam-

pfen am Ende einer Glasröhre einen krystallinischen Anflug bildet, der aber später selbst rasch verschwindet.

Es folgt also aus diesem Versuch, daß der größte Theil des von mir untersuchten Kohlenwasserstoffs mit Schwefelsäure verbunden war, und man sieht wohl, daß auch das, was sich mit dieser Säure nicht verbunden hatte, eben kein anderes Verhältniß mit Wahrscheinlichkeit zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff erwarten läßt als 1 : 2.

Die Producte der trocknen Destillation liefern also eine große Mannigfaltigkeit von Verbindungen, die alle in diesem Verhältniß des Kohlenwasserstoffs zum Wasserstoff sind. Sie zerfallen aber sämmtlich in zwei Reihen, die sich dadurch wesentlich von einander unterscheiden, daß die Verbindungen der einen Reihe zur Schwefelsäure gar keine Verwandtschaft zeigt, während die andere begierig sich damit verbindet. — Ich nenne die erste Reihe die *passive Reihe*, die zweite die *active Reihe*. Zur passiven Reihe gehören unter den jetzt schon bekannten Verbindungen das *Paraffin*, das *Steinöl*, in seinem verschiedenen Grade der Dichtigkeit, wahrscheinlich das *Eupion*, und endlich das *ölbildende Gas*. Zur zweiten Reihe gehören vorläufig noch wenige Verbindungen, als die von mir eben untersuchte Flüssigkeit und Faraday's gasförmiger Kohlenwasserstoff ( $C^2H^2$ ). Wenn die Glieder dieser Reihe mit Schwefelsäure verbunden werden, so geben sie dann mit Kali besondere Doppelsalze. (Es wäre also möglich, daß Reichenbach's Kapnomor in diese Reihe gehörte.) Wenn aber die beiden hier unterschiedenen Reihen unter sich isomerisch sind, so kann man auch mit Bestimmtheit behaupten, daß in jeder Reihe die einzelnen Verbindungen sich zu einander wie *polymerische* Verbindungen verhalten, und darin liegt eben der Grund, warum die flüssigen Glieder (der passiven Reihe z. B.) mit den gegenwärtigen Mitteln nicht haben geschieden werden können. Es ist

klar, warum nur die beiden äußersten Glieder, das ölbildende Gas und das Paraffin, haben isolirt werden können; das eine seines gasförmigen Zustandes wegen, das andere aber weil es fest ist und leicht krystallisirt, dadurch eben leicht abgesondert werden konnte. Wenn man also im vorliegenden Falle nicht eher an die Elementaranalyse hätte gehen wollen, als bis man Flüssigkeiten von beständigem Kochpunkt gehabt hätte, so würde man vielleicht noch lange im Finstern getappt und immer neue Namen creirt haben, ohne die Wahrheit auch im Entferntesten ansichtig zu werden.

Wenn ich nun im Obigen zwei verschiedene Reihen von Kohlenwasserstoff-Verbindungen unterschieden habe, so ist es etwas, was mit andern Thatsachen im Einklange steht. Die Veränderungen, welche viele unorganische Stoffe erleiden, indem sie aus dem für Säuren auflöslichen Zustand in einen nicht auflöslichen übergehen und umgekehrt, sind dem hieraus sich darbietenden Falle ganz analog.

Die beiden Zustände des Phosphorwasserstoffgases sind in einem Betracht dem hier von dem Kohlenwasserstoff Gesagten ganz analog. Das eine Gas verhält sich activ zum Sauerstoff, während das andere sich dagegen als passiv verhält. — Es ist aber nothwendig im vorliegenden Falle die Frage aufzuwerfen: Was bedingt denn diese beiden verschiedenen Zustände des Kohlenwasserstoffs? — Da eine so wesentliche Frage nur durch Versuche beantwortet werden konnte, so hoffe ich, daß folgende Thatsachen zur Lösung derselben beitragen werden. Indem ich das Oel auf oben angegebene Weise durch einen erhitzten Flintenlauf streichen liefs, untersuchte ich, ziemlich im Anfange der Operation, die erhaltene Flüssigkeit. Eine Portion davon wurde erst mit Wasser geschüttelt, dann in einer Glasretorte destillirt; die ersten Vorläufe für sich aufgehoben, und erst mit Kalilauge, dann aber mit Schwefelsäure behandelt. Es

ergab sich dabei, daß sich die Flüssigkeit mit Schwefelsäure *nur wenig erhitzte*. Nun wurde mit der Zersetzung des Oeles fortgefahren, und aus dem rohen Oeltheere, wie S. 386 angegeben, die verschiedenen Antheile von leichter farbloser Flüssigkeit erhalten. — Diese verschiedenen Antheile verhielten sich aber ganz anders gegen Schwefelsäure, indem sie sich damit erhitzten, — die leichteste am stärksten; es schied sich aus ihr auch kein passiver Kohlenwasserstoff. Der weniger leichte Antheil aber, der zwischen  $+45^{\circ}$  und  $+75^{\circ}$  übergegangen war, sonderte auch nun einen nicht unbedeutenden Antheil von passivem Kohlenwasserstoff<sup>1)</sup> aus<sup>1)</sup>, was mit dem vorigen Versuche nun ganz und gar nicht stimmte. Bei der von mir gebrauchten Zersetzungsweise des Oeles war es aber nicht denkbar, daß der Fortgang der Operation einen Unterschied hätte bewirken können, indem vom Anfang bis zu Ende immer frisches Oel zersetzt wurde. Der Unterschied im Resultate konnte also nur von der Temperatur abhängen, und in der That glaubte ich bemerkt zu haben, daß im Anfange die Hitze weniger groß gehalten war als zu den späteren Zeiten der Operation. Um mir darüber Gewißheit zu verschaffen, liefs ich mir ein Rohr aus dünnem Messing machen, legte es auf eine eiserne Rinne, wie sie dazu gebraucht wird, um bei den Analysen organischer Körper das Glasrohr darauf zu legen, und erhitzte nun das Ganze mit Spirituslampen, die ich mir eigens zu dem Zwecke, so wie auch in der Absicht hatte verfertigen lassen, um bei den häufig zu wiederholenden Analysen das Kohlenfeuer entbehren zu können. Da diese Lampen ganz nach dem Princip der gewöhnlichen Spirituslampen mit doppeltem Zuge gebaut sind, so kann man damit die Hitze ganz nach Belieben reguliren.

Als nun Oel mit diesem Apparat bei bedeutend ge-

1) Natürlicherweise ein Gemenge von fast allen Gliedern der passiven Reihe.



ringerer Hitze zersetzt wurde, so zeigte es sich, daß wenn man die leichten Vorläufe, nach gehörigen Behandlungen mit Wasser und Kalilauge, zuletzt mit Schwefelsäure mischt, sich diese zwar erwärmt, aber doch einen bedeutenden Antheil einer leichten Flüssigkeit ungebunden an der Oberfläche schwimmen läßt. Diese Flüssigkeit hat schon einen angenehmen kräftigen Blumengeruch, der durch weitere Behandlung mit Schwefelsäure ganz verschwindet. Wir sehen also offenbar, daß eine gewisse, nicht zu hohe Temperatur die Bildung von passiven Verbindungen veranlaßt, während eine höhere Temperatur activen Kohlenwasserstoff erzeugt. Da das Steinöl aber meistens aus passivem Kohlenwasserstoff besteht, so scheint auch daraus zu folgern, daß die zu dessen Bildung thätige Temperatur eine gewisse Gränze nicht überschritten haben kann. In einer der nächsten mir bevorstehenden Arbeiten werde ich suchen die Anzahl der Grade, denen diese Temperatur entspricht, auszumitteln. In Beziehung auf Steinöl ist aber zu bemerken, daß es nicht ganz aus passivem Kohlenwasserstoff allein besteht, sondern wahrscheinlich mehr oder weniger von der activen Verbindung eingemengt enthält, und daß dieß der Grund ist, warum manches Steinöl; wie das von mir untersuchte, welches aus der Purechenskyschen Quelle bei Baku kam, fast ganz und gar nur passiv ist, und schon im natürlichen Zustande, ohne bevor abdestillirt worden zu seyn, mit Schwefelsäure sich nicht erhitzt, und dieser nur einen sehr unbedeutenden Antheil abgiebt, da hingegen anderes Steinöl sich mit Schwefelsäure schon merklich erwärmt; was übrigens, wie sich von selbst versteht, auch anderen Producten, die seine Bildung begleiten, zugeschrieben werden kann.

In meiner Abhandlung über Steinöl habe ich bei der Analyse eines Steinöles stets einen Verlust erhalten, bevor es über Wasser abdestillirt worden ist. Dieser Verlust konnte nur dann auf Rechnung des Sauerstoffs ge-

setzt werden, wenn wirklich bewiesen wurde, daß das Steinöl solches enthielt; der Beweis war nicht schwer zu liefern. Ich liefs etwas vom erwähnten Steinöl über Quecksilber in ein Glasrohr mit Sauerstoff treten. Nebenbei stellte ich auf gleiche Weise ganz passives Steinöl hin. Dieses letztere hatte noch nach 14 Tagen keine deutliche Absorption von Sauerstoff bewirkt, während in der andern Röhre, wo sich das Steinöl befand, welches zuvor mit Wasser destillirt worden war, bei der Analyse stets einen Verlust gegeben hatte, binnen 8 Tagen mehr als sechs Mal das Volumen des Steinöls an Sauerstoff absorbirt wurde.

Nach dem, was ich oben erwähnt habe, mußte sich mir nothwendig die Frage aufdrängen: ob es nicht möglich sey, den passiven Kohlenwasserstoff durch Hitze in activen zu verwandeln? Diese Möglichkeit ist, wie man sieht, keine nothwendige Bedingung; denn es ist denkbar, daß, wenn der Kohlenwasserstoff einmal die passive Form angenommen hat, eine erhöhte Temperatur dann keine weitere Veränderung ausübt, als nur die einzelnen Glieder der passiven Reihe in einander zu verwandeln. Ich liefs durch ein glühendes Rohr von Messing, das mit kleinen Nägeln ganz angefüllt war, langsam ganz passives Steinöl durchfließen. Als Schwefelsäure hernach damit geschüttelt wurde, so wurde es ganz braun und nahm einen, wenn auch nicht bedeutenden Theil der Flüssigkeit in sich auf. Auch muß ich noch bemerken, daß das Steinöl, nach Einwirkung der Wärme, ganz und gar den Geruch meines flüssigen activen Kohlenwasserstoffs angenommen hatte. Schwefelsäure benahm diesen Geruch ganz; es ist also aller Grund vorhanden, um zu glauben, daß einzelne Glieder der passiven Reihe durch Hitze in andere Glieder, wenn zwar auch nicht gerade die entsprechenden der activen Reihe, verwandelt werden können.

Schließlich muß ich noch bemerken, daß, wenn es

durch künftige Bemühungen gelungen seyn wird, die verschiedenen Glieder der beiden Reihen zu isoliren, ihnen keine passendere Nomenclatur zu Theil werden kann, als die von Serullas für die Kohlenwasserstoff-Verbindungen vorgeschlagene.

---

XIV. *Ueber die chemische Zusammensetzung des Tennantits; von J. Kudernatsch.*

---

**W**ir besitzen vom Tennantit zwei Analysen, nach denen er bestehen soll aus:

Schwefel	28,74	21,8
Arsenik	11,84	11,5
Kupfer	45,32	48,4
Eisen	9,26	14,2
Kieselerde und Gangart	5,00	5,0
	<hr/> 100,16	<hr/> 100,9.

Erstere ist von Phillips, letztere von Hemming (s. Berzelius Jahresbericht, übersetzt von Wöhler, Jahrg. XII. S. 171).

Die Resultate beider Analysen differiren nicht unbedeutend von einander, und sind mit der Formel, die Prof. H. Rose für die Fahlerze gegeben, auf keinerlei Art in Uebereinstimmung zu bringen; während doch die äußere Beschaffenheit des Tennantits, namentlich seine Krystallform, welche dieselbe ist, wie die der Fahlerze, zur Vermuthung berechtigt, daß auch seine chemische Zusammensetzung jener der Fahlerze analog seyn werde.

Es schien demnach sehr wünschenswerth zu seyn, von diesem übrigens seltenen Minerale eine neue und mit allen jenen Hülfsmitteln ausgeführte Analyse zu be-

sitzen, welche die analytische Chemie auf ihrer gegenwärtigen Stufe von Vollkommenheit darbietet. Hr. Prof. G. Rose hatte die Güte, mir zu diesem Zweck so viel Material von einem Tennantit gefälligst mitzutheilen, als zu einer Analyse erforderlich war. Es waren aufgewachsene, zusammengruppirte, tetraëdrische Krystalle von 1 bis 2 Linien Durchmesser, an denen, sowohl äußerlich, als auch im Bruche, selbst das bewaffnete Auge keine Spur einer fremden Beimengung wahrnehmen konnte. — Die Untersuchung wurde im Privatlaboratorium des Hrn. Prof. H. Rose angestellt.

Die Methode der Zerlegung, deren ich mich bediente, war dieselbe, welche Prof. H. Rose bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über die in der Natur vorkommenden nicht oxydirten Verbindungen des Antimons und Arseniks in dies. Ann. Bd. XV S. 456 u. ff., ausführlich beschrieben hat, und welche auf der Anwendung von Chlorgas zur Zersetzung des gepulverten Minerals beruht. Das Chlor schien anfangs nur eine sehr schwache Wirkung auf das Mineralpulver zu haben; denn es erwärmte sich weder, noch veränderte es seine schwarze Farbe. Als indessen nach 12stündigem Durchströmen von Chlor durch den Apparat, die das Mineral enthaltende Glaskugel mit der Flamme einer Spirituslampe erwärmt wurde, war das Mineral schon zum Theil zersetzt; denn es destillirte eine nicht unbedeutende Menge Chlorschwefel und Chlorarsenik in die Flasche über. Diefs Abtreiben mit der Spirituslampe wurde von Zeit zu Zeit wiederholt, und als zuletzt, nach längerer Erhitzung der Kugel, weder Chlorschwefel noch Chlorarsenik, sondern nur Eisenchlorid überging, wurde der Apparat nach dem Erkalten auseinander genommen und zur weiteren Untersuchung geschritten.

Die in der Kugel zurückgebliebenen nicht flüchtigen Chlormetalle wurden in verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, wobei sie einen kleinen Rückstand von Berg-

art, meist Quarz mit einer Spur Chlorsilber, hinterliessen. Nachdem er auf ein kleines Filter gebracht, geglüht und gewogen worden, schmolz ich ihn vor dem Löthrohre mit Soda und silberfreiem Blei zusammen, und trieb den erhaltenen Bleiregulus auf einer kleinen Capelle von Beinasche ebenfalls vor dem Löthrohre ab. Ich erhielt zwar ein deutlich wahrnehmbares, aber nicht wägbares Silberkorn.

Aus der sauren Flüssigkeit wurde das Kupfer durch Schwefelwasserstoffgas niedergeschlagen, und auf die bekannte Art weiter als Oxyd bestimmt.

Die vom Schwefelkupfer abfiltrirte Flüssigkeit wurde zur Verjagung des Schwefelwasserstoffs erwärmt, vom ausgeschiedenen Schwefel durch Filtration getrennt, und hierauf das Eisen durch einen Zusatz von Salpetersäure und längeres Erwärmen der Flüssigkeit wieder zur höchsten Stufe der Oxydation gebracht. Da nach Analogie der Zusammensetzung der Fahlerze Zink vorhanden seyn konnte, so wurde die Auflösung vorsichtig mit Aetzammoniak neutralisirt, und hierauf das Eisen durch bernsteinsaures Ammoniak gefällt. Allein die vom bernsteinsauren Eisenoxyd abfiltrirte Flüssigkeit blieb nach einem Zusatz von Schwefelwasserstoff-Ammoniak klar, und setzte selbst nach längerem Stehen und Erwärmen keine Spur von Schwefelzink oder von einem anderen Schwefelmetall ab.

In der Flasche war bloß mit Chlorwasserstoffsäure angesäuertes Wasser vorgeschlagen worden.

Nachdem die Flüssigkeit vom ausgeschiedenen Schwefel getrennt worden, wurde die gebildete Schwefelsäure durch Chlorbaryum gefällt, der schwefelsaure Baryt filtrirt und ausgesüßt, und aus der abfiltrirten Flüssigkeit — nachdem sie vorher vom überschüssigen Chlorbaryum durch Schwefelsäure und Filtration des schwefelsauren Baryts befreit worden — das Arsenik durch einen Strom von Schwefelwasserstoffgas gefällt. Das Schwefelarsenik

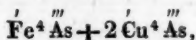
wurde auf ein gewogenes Filter gebracht, und so lange getrocknet, bis es nicht mehr an Gewicht verlor, worauf man seine Quantität bestimmte. Eine gewogene Menge davon wurde in einem Becherglase mit rauchender Salpetersäure oxydirt, und aus der gefundenen Schwefelmenge die des Arsens berechnet. Ueber eine andere gewogene Quantität wurde in einer Glaskugel mit zu beiden Seiten angeblasenen Glasröhren, unter Erwärmung, Wasserstoffgas geleitet, und das reducirte Arsenik durch eine Spirituslampe aus der Kugel und Röhre fortgetrieben. Es blieb aber keine wahrnehmbare Spur von Antimon zurück.

Die vom Schwefelarsenik abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit Ammoniak neutralisirt und hierauf mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak versetzt. Nach längerem Stehen und mäßigem Erwärmen hatte sich nur ein geringer Niederschlag von Schwefeleisen abgesetzt, der auf einem Filter gesammelt, geglüht und als Oxyd in Rechnung gebracht wurde.

Das Ergebniss dieser Untersuchung war:

Schwefel	27,76
Arsenik	19,10
Kupfer	48,94
Eisen	3,57
Silber	Spur
Quarz	0,08
	<hr/> 99,45.

Berechnet man die Zusammensetzung eines antimon- und zinkfreien Fahlerzes nach der Formel:



so erhält man:

Schwe-

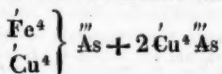
Schwefel	28,67
Arsenik	19,14
Kupfer	42,97
Eisen	9,22
	<hr/>
	100,00.

Vergleicht man das Resultat der Rechnung mit dem der Analyse, so sieht man sogleich, daß bei letzterem die Menge des Kupfers um eben so viel zu groß, als die des Eisens zu klein ist, und daß wahrscheinlich ein Theil Kupfer als Bisulfuret einen Theil des Eisensulfurets ersetzte. Führt man die Berechnung, von dieser Ansicht ausgehend, so gelangt man zu einem sehr befriedigenden Resultate. 19,10 Arsenik erfordern nämlich 12,26 Schwefel, um  $\text{As}'''$  zu bilden; da sich nun die Schwefelmenge des Sulfids zu der der Sulfurete verhalten soll wie 3 : 4, so muß die der letzteren 16,34 betragen. Davon kommen auf das Kupfersulfuret  $\frac{2}{3}$ , folglich 10,89, und diese erfordern 42,84 Kupfer, um  $\text{Cu}'$  zu bilden. Es bleiben also 6,10 Kupfer übrig, welche, um  $\text{Cu}'$  zu bilden, 3,10 Schwefel nöthig haben. — 3,57 Eisen entsprechen 2,11 Schwefel, um  $\text{Fe}$  zu geben.

Die Summe des Schwefels vom Kupferbisulfuret und Eisensulfuret beträgt hiernach 5,21, also ganz nahe die Hälfte von der des Kupfersulfurets, mit welcher zusammen sie zu der des arsenigen Sulfids im Verhältniß von 16,10 : 12,26 oder wie 4 : 3 stehen.

Die gesammte, nach dieser Berechnung erforderliche Schwefelmenge beträgt 28,36, während die gefundene 27,76, folglich um 0,60 zu gering ist.

Die Formel für den Tennantit wäre demnach:



Bemerkenswerth ist es übrigens, daß die ganze Menge  
Poggendorff's Annal. Bd. XXXVIII. 26

des Kupfers im Tennantit, als Sulfuret betrachtet, genau so viel Schwefel enthält als das Schwefelarsenik; der übrige Schwefel reicht gerade hin, um mit dem Eisen Sesquisulfuret zu bilden.

Als Fahlerz ist der Tennantit in mehrfacher Beziehung interessant: er ist das erste Beispiel eines Fahlerzes, das als electro-negatives Metall ausschliesslich nur Arsenik enthält, im Gegensatz zu dem vom Professor H. Rose untersuchten Fahlerze von Zilla bei Clausthal, welches, mit Ausschluss von Arsenik, nur Antimon enthält; er enthält ferner kein Zink, und zeigt endlich sehr auffallend, dass die höhere Schwefelungsstufe des Kupfers, Cu, einen Theil Eisensulfuret, Fe, ersetzt, wie es schon Prof. H. Rose bei Gelegenheit seiner Untersuchung über die Fahlerze bemerkt hat.

### XV. Meteorsteinfall auf ein Schiff.

In Chladni's Katalogen über die Meteorsteinfälle findet man nur ein einziges Beispiel angeführt, wo ein solcher Fall ein Schiff auf dem Meere traf. Hr. Babinet, dem Hr. Arago diese Bemerkung machte, schickte demselben die folgende Notiz von Hrn. Eyriès. »Olaus Ericson Wilman, ein Schwede, trat 1647 als Freiwilliger in den Dienst der holländisch-ostindischen Compagnie. Er erzählt, dass als das Schiff mit beigesetzten Segeln auf dem Meere fuhr, eine Kugel, welche acht Pfund wog, auf das Verdeck fiel und zwei Menschen tödtete. — Die Erzählung von Wilman findet sich in einer schwedischen Sammlung, die 1674 zu Vingsborg, einer Insel im Welterensee, in einem Quartbande gedruckt wurde (*Compt. rend.* 1836, No. 26 p. 620) <sup>1)</sup>.

- 1) Der Fall ist offenbar derselbe, welchen Chladni in seinem Werk: »Ueber Feuermeteore u. s. w.,« auf S. 79, mit einem Fragezeichen versehen, folgendermassen auführt: »Zwischen 1646 und 1654 soll eine acht Pfund schwere Meteormasse auf einem Schiffe im Ost-Indischen Meere zwei Menschen getödtet haben.« — Wünschenswerth wäre es wohl, die Erzählung im Original nachlesen zu können, denn so wie sie hier und oben im Text gegeben ist, hat sie wenig Glaubwürdigkeit, nicht mehr als die ähnliche, welche in dies. Ann. Bd. XVIII S. 317 berichtet wurde.



XVI. *Analyse eines Jamesonits aus Estremadura; vom Grafen F. Schaffgotsch.*

Das Mineral, dessen chemische Zusammensetzung ich auszumitteln versuchte, trägt die Aufschrift: » *Antimoine orifère de Valentia d'Alcantara; province Estremadura,* « und besitzt folgende äußere Charaktere. Es ist derb, und besteht aus kurz- und dickstängligen, verworren durch einander gewachsenen Zusammensetzungsstücken, welche rechtwinklig gegen die Hauptaxe vollkommen spaltbar, parallel mit der Hauptaxe dagegen nur unvollkommen, jedoch in mehreren Richtungen spaltbar sind, so daß der Längenbruch der Hauptaxe parallel gestreift erscheint. Außerdem zeigt das Mineral einen lebhaften Metallglanz, eine dunkel bleigraue Farbe und einen grau-lichschwarzen Strich. Die Härte fand ich etwas über der des Steinsalzes und das specifische Gewicht = 5,616 bei 19° C.

Hr. Prof. H. Rose, welcher mir gütigst gestattet, mich in seinem Privat-Laboratorium in chemischen Untersuchungen zu üben, liefs mich unter seiner unschätzbaren Leitung die Analyse des gedachten Minerals vornehmen.

Die Methode der Zerlegung war dieselbe, welche Hr. Prof. H. Rose im XV. Bd. dies. Annalen, S. 456 f., ausführlich beschrieben hat. — Eine gewogene Menge der fein gepulverten Substanz, 2,858 Grm., wurde in der kugelförmigen Erweiterung eines Glasrohrs der Einwirkung eines gleichmäßigen Stromes von getrocknetem Chlorgas ausgesetzt und mittelst einer Weingeistlampe schwach erhitzt, so daß die flüchtigen Chlorverbindungen des Antimons und Schwefels abdestillirten und in einer Glasflasche aufgefangen werden konnten, welche eine Auflösung von etwas Chlorwasserstoffsäure und Weinsäure enthielt.

Nach gänzlicher Verflüchtigung der Chloride wurde der abgesprengte Theil des Glasrohrs, worin sich die rückständigen Chlormetalle befanden, mit heissem Wasser ausgespült, und die durch Eisenchlorid stark gefärbte Auflösung, nach Hinzufügung von etwas Chlorwasserstoffsäure in einer Porcellanschale fast bis zur Trockniss abgedampft. Der Rückstand wurde mit Weingeist von 90° Tr. übergossen und das ungelöste Chlорblei auf ein gewogenes Filtrum gebracht. Nach dem Trocknen wog das Chlорblei 1,533 Grm., also das darin enthaltene metallische Blei 1,1424. Die abfiltrirte Flüssigkeit, welche natürlich keine Spur von Chlорblei und, wie ich meinte, überhaupt aufser Eisenchlorid kein Chlormetall mehr enthalten konnte, wurde durch Hinzufügung von Wasser stark milchig, was auf die Anwesenheit von Wismuth zu deuten schien. In der Absicht, dieses Metall mit Schwefelwasserstoff zu fällen, verjagte ich durch anhaltendes Kochen den Alkohol der Flüssigkeit, um das Niedersinken des zu bildenden Schwefelmetalls zu befördern. Ueberschüssig hinzugefügtes Schwefelwasserstoffwasser gab nun in der That einen nicht unbedeutenden Niederschlag von dunkelbrauner Farbe, der, wegen der Gegenwart von Eisenchlorid, ein Gemenge von Schwefelmetall und freiem Schwefel seyn mußte. Ich brachte ihn auf ein gewogenes Filtrum und fand sein Gewicht 0,060 Grm. Das in der abfiltrirten Auflösung nunmehr enthaltene Eisenchlorür wurde durch Erhitzen mit Salpetersäure in Chlorid verwandelt, und das durch Ammoniak gefällte Eisenoxyd geglüht und gewogen. Aus dem Gewichte des Oxydes, 0,1125 Grm., liefs sich mit Genauigkeit das Gewicht des mit dem erwähnten Schwefelmetall gemengten Schwefels ermitteln, da ein Atom Eisenchlorid oder Oxyd nothwendig die Fällung eines Atoms Schwefel bedingt. Das Schwefelmetall dessen wahres Gewicht ich auf diese Art zu 0,037 berechnete, wurde nun qualitativ geprüft. Ein Theil gab durch Reduction vor dem Löthrohr eine Menge weifser Metall-

kügelchen, welche einen gelben Beschlag auf die umliegende Kohle absetzten, ein anderer Theil wurde in kochender Salpetersäure aufgelöst. Aetzkali fällte ein voluminöses, weißes Oxyd, welches auch vom größten Ueberschusse des Fällungsmittels selbst bei anhaltender Kochhitze nicht aufgelöst wurde. Hienach glaubte ich das geprüfte Metall mit Recht für Wismuth halten zu können, und berechnete seine Menge aus der bekannten Zusammensetzung des Schwefelwismuths zu 0,0302 Grm. Die vom Eisenoxyd abfiltrirte, stark ammoniakalische Flüssigkeit gab mit Hydrothionammoniak einen allmählig zunehmenden flockigen Niederschlag von weißer Farbe. Ich brachte ihn auf ein Filtrum und glühte ihn heftig beim Zutritt der Luft, bis sein Gewicht unverändert 0,015 Grm. betrug. Das Löthrohr erwies die erhaltene Substanz als Zinkoxyd; das metallische Zink betrug also 0,012 Grm.

Die als Vorlage gebrauchte Flasche, welche die flüchtigen Chloride aufgenommen hatte, enthielt alles Antimon und den größten Theil des Schwefels in aufgelöster Form, während der übrige Theil des letzteren in erstarrten Tropfen am Boden lag. Ich sonderte dieselben von der Flüssigkeit ab, und fand sie nach gehörigem Trocknen 0,124 Grm. schwer. Der schwefelsaure Baryt, welchen Chlorbaryum aus der sauren Flüssigkeit niederschlug, wog, völlig ausgewaschen und geglüht, 3,633 Grm. Ich digerirte ihn, um eine mögliche Verunreinigung durch weinsauren Baryt zu beseitigen, mit verdünnter Salzsäure, und filtrirte abermals. Die abfließenden Tropfen wurden nun durch Schwefelsäure sehr merklich getrübt, und das Gewicht des geglühten Niederschlages war auf 3,614 Grm. herabgesunken. Der darin enthaltene Schwefel wog 0,4986 Grm., also der gesammte Schwefel 0,6226 Grm. Aus der sauren antimonhaltigen Flüssigkeit entfernte ich nun das überschüssig hinzugesetzte Chlorbaryum durch Schwefelsäure und leitete Schwefelwasserstoffgas hindurch. Das gefällte Schwefelantimon wurde auf ein gewogenes Fil-

trum gebracht, und wog nach dem Trocknen 1,594 Grm. Hievon digerirte ich 1,536 Grm. mit Königswasser, das etwas Weinsäure enthielt. Der Schwefel wurde mit den angegebenen Vorsichtsmafsregeln bestimmt, und wog 0,6377 Grm., woraus sich durch einfache Rechnung als Gewicht des Antimons 0,9322 Grm. ergab. Die vom Schwefelantimon abfiltrirte Flüssigkeit, aus welcher Schwefelwasserstoff nichts mehr fällte, enthielt noch etwas Eisen, das als Chlorid übergegangen war. Ich neutralisirte sie mit kohlensaurem Natron und fügte Hydrothionammoniak hinzu. Das gefällte Schwefeleisen gab durch heftiges Glühen unveränderlich 0,037 Grm. Eisenoxyd; die gesammte Quantität des letzteren betrug hienach 0,1495 Grm. mit 0,1037 Grm. metallischem Eisen.

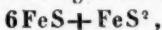
In Procenten gab die angeführte Untersuchung:

Blei	39,971
Antimon	32,616
Schwefel	21,785
Eisen	3,627
Wismuth	1,055
Zink	0,421
	<hr/>
	99,475.

Eine zweite Analyse gab mir 21,52 Proc. Schwefel, eine dritte 40,47 Blei und 0,36 Zink, eine vierte 21,53 Schwefel, 39,79 Blei und 33,03 Antimon. Das Zinkoxyd wurde hiebei durch Glühen des kohlensauren Salzes und das Antimon durch Reduction des Schwefelmetalls mittelst Wasserstoff erhalten.

Was nun die Art und Weise betrifft, nach welcher die einzelnen Bestandtheile zusammenzupaaren seyn möchten, so scheint das Mineral wesentlich eine Verbindung von Schwefelantimon mit Schwefelblei zu seyn, beträchtlich verunreinigt durch Schwefelzink, Schwefelwismuth und Schwefeleisen. Es erfordern nämlich die 39,971 Th. Blei 6,212 Th. Schwefel, um  $PbS$ , und die 32,616 Th.

Antimon 12,204 Theile Schwefel, um  $\text{SbS}^3$  zu bilden, welche Schwefelmengen sich ungefähr wie 1 : 2 verhalten. Dieses Verhältniß ist noch genauer nach der vierten Analyse, wo die dem Blei und Antimon entsprechenden Schwefelmengen 6,18 und 12,35 betragen. Da aber im Ganzen 21,785 Proc. Schwefel gefunden wurden, so bleiben davon 3,369 im Ueberschuß, und müssen unter das Zink, Wismuth und Eisen vertheilt werden. Es bedarf aber das Zink 0,210 Schwefel, um Zinkblende, und das Wismuth 0,240 Schwefel, um Wismuthglanz zu bilden, so daß für das Eisen 2,919 übrig bleiben. Ist das eingemengte Schwefeleisen gewöhnlicher Magnetkies:



so fordern die 3,627 Eisen 2,458 Schwefel; es giebt aber, nach Stromeyer's Untersuchung, auch ein natürliches Schwefeleisen:  $\text{FeS} + \text{FeS}^3$ , und um dies zu bilden sind 2,868 Schwefel erforderlich.

Aus allem diesen würde folgen, daß das untersuchte Mineral nichts anderes als ein mit etwa  $8\frac{1}{2}$  Proc. fremden Beimengungen verunreinigter Jamesonit sey, eine Annahme, welche auch mit den physischen Eigenschaften des Minerals vollkommen harmonirt. Außer Cornwallis, war, wie ich glaube, bisher kein Fundort des Jamesonits bekannt, und nur in sofern schien mir das Resultat meiner Untersuchung der Mittheilung nicht ganz unwerth.

---

## XVII. *Neue Schwefelkies-Bildung* von J. Nöggerath und G. Bischof.

---

### I. Mittheilung von J. Nöggerath.

**D**er Präsident des niederrheinischen landwirthschaftlichen Vereins, Hr. Baron von Carnap auf Bornheim, welcher von dem Fürsten zu Salm-Dyck die Mineralquellen von Roisdorf vor Kurzem in langjährigen Bestand

erhalten hat, und bei denselben bedeutende neue Anlagen vorzunehmen beabsichtigt, hatte die Güte, mir eine Parthie Geschiebe von Schwefelkies-Farbe und Glanz vorzulegen, welche man für ganz aus Schwefelkies bestehend beim raschen Ansehen hätte halten mögen, deren geringere specifische Schwere und sparsam an einigen Exemplaren vorkommende nicht metallisch aussehende Stellen aber befundeten, daß es gewöhnliche Flußgeschiebe seyen, welche bloß mit einer sehr zarten, aber fest anliegenden Schwefelkies-Rinde bedeckt waren. Sie waren bei einer der Mineralquellen von Roisdorf gefunden worden. Ich fand in dieser zarten, Vergoldung ähnlichen, Schwefelkies-Bronzierung eine auffallende Aehnlichkeit mit jener auf Kalkstein-Bruchstücken, welche ich viel früher schon aus dem Mineralquellen-Becken von Aachen gesehen hatte, und worüber ich in einer Notiz: Ueber Schwefelkies-Bildung in Mineralwassern, in Schweigger's Journal f. Chemie u. Physik, Bd. XLIX S. 260 f., Nachricht gegeben habe. So fehlte es mir nicht an Aufforderung, das Vorkommen jener Geschiebe mit Schwefelkies-Ueberzug an Ort und Stelle zu untersuchen.

Roisdorf liegt am Fusse der Hügelreihe, das Vorgebirge genannt, welche nicht ganz parallel mit dem Rheinlauf, und zwar nördlich immer mehr divergirend, hinter Bonn vorbei und in die Gegend von Bergheim in der Ebene ausläuft; von Bonn ist Roisdorf  $1\frac{1}{2}$  Stunde gegen Westen und von Köln vier Stunden gegen Süden entfernt. Roisdorf hat vorzüglich zwei Mineralquellen, die Trinkquelle und den sogenannten Stablbrunnen. Ueber deren Verhältnisse so wie über alle Eigenthümlichkeiten der Localität giebt die Schrift von G. Bischof: Die Mineralquellen zu Roisdorf bei Alfter unweit Bonn, physikalisch und chemisch untersucht, Bonn 1826, reichliche Auskunft. Ich will daraus bloß hier den chemischen Bestand der beiden Mineralquellen entnehmen, da die Kennt-

nifs desselben den gegenwärtigen Zweck nahe berührt.  
10000 Gew. Th. Wasser enthielten:

	Trinkquelle. Stahlbrunnen.	
Kohlensaures Natron	7,8654	1,8089
Schwefelsaures Natron	4,7822	1,5381
Kochsalz	19,0100	5,0325
Phosphorsaures Natron	0,0658	eine Spur
Kohlensauren Kalk	2,8212	2,8470
Kohlensaure Magnesia	3,9854	1,3409
Kohlensaures Eisenoxydul nebst Spuren von Manganoxyd	0,0725	0,2671
Thonerde	0,0104	0,0508
Kieselsäure	0,1615	0,9202
	<hr/> 38,7744	<hr/> 13,8055.

1 Maafs Wasser hielt freies und  
halbgebundenes Kohlensäuregas 1,37 M. 0,54.

Unterhalb der Stahlquelle, etwa 40 Fufs davon entfernt, springt noch eine andere, ihrer Wasserspendung nach schwache Mineralquelle, und fließt, ohne Fassung und ohne irgend benutzt zu werden, frei über die Oberfläche und in dem Abzugsgraben der Stahlquelle ab. Von ihrem Gehalte sagt G. Bischof, a. a. O. S. 80, daß sie sich gegen Reagentien wie der Stahlbrunnen verhalte; nur scheine der Kalkgehalt etwas beträchtlicher zu seyn. Das letztere dürfte sich, auch dadurch bestätigen, daß sie bei ihrem Abflusse ganz dünne Schälchen von Kalksinter-Inkrustationen an der Oberfläche absetzt.

In der Nähe dieser Nebenquelle des Stahlbrunnens hat man die Geschiebe mit Schwefelkies-Ueberzug gefunden. Man hatte nämlich eine sehr oberflächliche Nachgrabung dieser Mineralquelle vorgenommen, wobei sich der Fund ergab. Als ich den Punkt besuchte, war die Oeffnung wieder zugeworfen, sie konnte auch nicht gleich wieder geöffnet werden: indess hatten aufmerksame Aufseher, unter deren Leitung die Arbeit geschehen war,

größere Stücken der Erden, welche man beim Graben angetroffen hatte, für mich aufbewahrt, auch wußten sie über deren gegenseitiges Verhalten genaue Auskunft zu geben. Wenn ich nun auch der gewissen Meinung bin, daß ich mehr nicht würde erfahren haben, wenn ich selbst beim Oeffnen der Grube zugegen gewesen wäre, so will ich doch veranlassen, daß sie noch einmal in meinem Beiseyn ausgeworfen werde. Bis dahin gebe ich indess das Resultat der erhaltenen Auskünfte, verbunden mit demjenigen, was mich die Autopsie an den Musterstücken lehrte.

Beim Nachgraben der Nebenquelle des Stahlbrunnens fand man von oben nieder zuerst eine lehmartige Erdschicht, ein und einen halben Fuß mächtig; dann dunkeln moorigen Thon mit vielen Resten von zum Theil wenig veränderten Vegetabilien, Holz- und Wurzelstücken, ebenfalls ein und einen halben Fuß mächtig; noch anderthalb Fuß tiefer enthielt dieser Moorboden einzelne Quarz- und Grauwacken-Geschiebe, völlig abgerundet, aber ohne allen Schwefelkies-Ueberzug. Der Moorboden wurde nun sehr sandig und thonig, und umschloß so, in der Totaltiefe der Grube von sieben Fuß von oben nieder, ziemlich zahlreich dieselben Geschiebe aber meist mit Schwefelkies-Ueberzug, zwischen welchen doch auch noch manche derselben zu finden waren, auf denen erst stellenweise die Anfänge dieses Ueberzugs zu bemerken standen, und selbst noch andere, denen der Ueberzug gänzlich fehlte. Endlich wurde unter diesem sandigen und thonigen Moorboden mit feinen von Schwefelkies überrindeten Geschieben auf der Sohle der Grube eine Grandschicht aus den nämlichen Geschieben bestehend angetroffen, wovon aber nicht ein einziges eine Spur des Schwefelkies-Anfluges zeigte. Die Schichten des ganzen Moorbodens waren nur stellenweise an solchen Punkten ganz mit Wasser erfüllt, wo gerade die Mineralquelle sich durchdrängte, sonst überall mehr bloß angefeuchtet,



als eigentlich durchnäfst. Die mit Schwefelkies überrindeten Geschiebe waren aber, ungefähr in der Tiefe von sieben Fufs der Grube, ziemlich häufig verbreitet, so dafs man bei der engen Oeffnung des unverbauten und daher an den Wänden überall wieder zusammenstürzenden Loches doch in ganz kurzer Zeit einige hundert Exemplare zu gewinnen im Stande gewesen ist. Sie schienen in *einer* Schicht zu liegen, deren seitliche Verbreitungen man nicht weiter untersucht hatte.

Die Geschiebe sind durchschnittlich zwischen Wallnufs- und Haselnufs-Gröfse, doch auch wohl gröfser und kleiner; einige sind von der Gröfse einer Kinderfaust gefunden worden. Mehr als die Hälfte dieser Geschiebe ist um und um von Schwefelkies ganz und sehr fest überrindet, so dafs man die dünne Rinde von den festen Quarzen und Grauwacken gar nicht absprengen kann; nur dann scheint dieses einigermafsen möglich zu seyn, wenn ihre Steinarten weicher sind, wie z. B. bei schieferiger Grauwacke und Thonschiefer. Man kann nicht sagen, dafs die Geschiebe der einen Felsart mehr überrindet wären, wie die einer andern. Aufser Quarz habe ich nur Grauwacken und Thonschiefer, letzteren am sparsamsten, unter den Geschieben angetroffen. Eines derselben, aus faseriger Grauwacke bestehend, hat sogar auf der Oberfläche die Abdrücke der Stielglieder von *Cyathocrinites pinnatus* (Rädersteinen), welche mit deutlicher Beibehaltung ihres Reliefs von dem Schwefelkies-Anflug bekleidet sind. Nicht immer ist aber die Ueberrindung gleich vollkommen, zuweilen haben die Geschiebe nur Anfänge derselben an einzelnen Stellen oder auf einer oder auch ein Paar ihrer Seiten. Es scheint, dafs sie in einem solchen Falle an den Stellen, wo sie nicht überrindet sind, zu fest von der thonigen, moorigen Umgebung eingeschlossen waren, als dafs die Schwefelkies-Bildung sich hätte anlegen können. Die Schwefelkies-Ueberrindung hat die gewöhnlich diesem Mineral zukommende Farbe

mit entsprechendem metallischen Glanze; manche Geschiebe sind aber mehr buntfarbig angelaufen, wie es auch bei anderem Schwefelkies vorkommt. Krystallisirt ist der Schwefelkies auf oder bei diesen Geschieben nirgends gefunden worden.

Ein schönerer Beweis für die neuere und wohl noch stets fortschreitende Bildung von Schwefelkies im Alluvialboden, durch Vermittlung einer Mineralquelle mit Gehalt von Eisen und schwefelsauren Salzen ist wohl nicht zu finden. Wie hier der Proceß bewirkt werden möchte, wird mein verehrter College und Freund Bischof in einigen nachfolgenden Worten aus einander zu setzen die Güte haben.

Ich muß aber noch bemerken, daß gerade bei meiner Anwesenheit in Roisdorf und mit auf meine Anordnung der Schacht der Trinkquelle gründlicher zu reinigen angefangen worden ist, als dieses in mehreren Decennien, vielleicht in ein Paar Jahrhunderten geschehen seyn mag. Der Brunnenschacht ist 13 bis 14 Fuß tief. Auf der Sohle desselben lagen viele Pferdelastrn hineingeworfener Quarzgeschiebe, untermengt mit Krug- und Geschirr-Scherben. Die Quarzgeschiebe waren vorzugsweise besonders diejenigen, welche tief unten lagen, und daher lange Jahre ruhig an ihrer Stelle gelegen haben mochten, mit einer gelblichbraunen Eisenoxydhydrat-Rinde fast eben so fest überzogen, wie die Geschiebe aus der Nebenquelle des Stahlbrunnens mit Schwefelkies. Nirgends war indessen an den Geschieben oder an den Steingutscherben aus der Trinkquelle eine Spur von Schwefelkies-Anflug zu bemerken. Die Ueberzüge von Eisenoxydhydrat auf den Quarzen führten aber auf die Vermuthung, daß auch die Schwefelkies-Ueberrindung aus jener andern Quelle in der ersten Entstehung ein solcher Anflug von Eisenoxydhydrat gewesen seyn möge, welcher sich später in Schwefelkies verwandelt habe.

Unter den mit am tiefsten im Trinkquellen-Schacht gelegenen Geschieben fanden sich viele Krugscherben,

welche, nach ihren Verzierungen zu urtheilen, wohl nicht dem letzten Jahrhundert angehört haben konnten, und unter diesen ein eiserner, oben etwas hakenförmig umgebogener, etwa 5 Zoll langer, runder, fingerdicker, bolzenartiger Körper. Das Schmiedeeisen desselben hatte ein völlig schwarzes, mattes Ansehen auf der Oberfläche, auch hatte sich an einer Stelle etwas feiner Quarzsand zu einem gelblichgrünen sandsteinartigen Körper damit verbunden. Ob dieses Eisen, welches gewiss länger als ein Jahrhundert in der Quelle gelegen haben mochte, wenigstens auf der Oberfläche nicht eine anfangende Vertiefung erfahren hatte, verdiente näher untersucht zu werden, und deshalb wurde das eiserne Geräthe, von unbekanntem ursprünglichen Zwecke an Bischof übergeben. Das Resultat dieser Untersuchung wird mein College ebenfalls im Nachstehenden mittheilen.

## II. Mittheilung von Gustav Bischof.

Das im Vorstehenden beschriebene Vorkommen des Schwefelkieses war mir um so interessanter, da ich schon früherhin ähnliche Beobachtungen über Bildung von Schwefelkies gemacht, ja sogar eine künstliche Bildung dieses Körpers in verschlossenen Sauerwasser-Krügen, welche mit einem Mineralwasser gefüllt waren, das sehr eisenhaltig war und schwefelsaures Natron enthielt, und dem eine Messerspitze voll Zucker beim Einfüllen zugesetzt worden war, hervorgerufen habe <sup>1)</sup>. Dafs diese Bildung auf Kosten des schwefelsauren Natrons erfolgte, ergab sich aus dem gänzlichen Verschwinden dieses Salzes während der  $3\frac{1}{2}$  Jahre langen Dauer dieses Processes. Ich habe in jenem Aufsätze die mir bekannt gewordenen früheren ähnlichen Erscheinungen zusammengestellt, und den Schlufs gezogen, dafs stets eine Schwefelkies-Bildung statt haben könne, wenn schwefelsaure Salze, Eisenoxyd und organische Substanzen oder Ueberreste aus dem organi-

1) N. Jahresb. d. Chem. u. Phys. IV, S. 377 u. folg. Vergl. auch Bd. VI S. 125 bis 128.

schen Reiche in Wechselwirkung treten. Hieraus habe ich auch das so häufige Vorkommen des Schwefelkieses an Orten, wo solche Verhältnisse mit Bestimmtheit nachgewiesen, oder wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit vermuthet werden können, wie namentlich in den Stein- und Braunkohlen, zu erklären gesucht. Da man gerne jede Gelegenheit ergreift, um früher geäußerte Ansichten zu bestätigen, oder auch zu widerlegen: so habe ich mit Vergnügen dem Wunsche meines Freundes und Collegen entsprochen, durch einige wenige chemische Untersuchungen der mir vorgelegten Fragmente aus jener Grube weitere Aufklärung zu veranlassen.

Die sandige, thonige, moorige Erdmasse, welche die von Schwefelkies überrindeten Geschiebe älterer Felsarten umschließt, wurde mit Wasser ausgekocht. Das Wasser reagierte weder sauer noch alkalisch. Chlorbaryum bewirkte darin eine bedeutende Trübung, die durch Salpetersäure nicht verschwand. Salpetersaures Silberoxyd trübte es schwach, die Flüssigkeit färbte sich aber bräunlichgelb. Oxalsaures Ammoniak brachte eine stärkere Trübung hervor. Cyaneisenkalium reagierte nicht. Aus dem mit Wasser ausgelaugten Rückstand zog Salzsäure Eisenoxyd aus.

Die Erdmasse enthielt also schwefelsaure Salze (Gyps und wahrscheinlich schwefelsaures Natron), organische Ueberreste und Eisenoxyd; mithin alle Bedingungen zur Bildung von Schwefelkies. Dafs die Umwandlung des Eisenoxyds in Schwefelkies nicht den aufgelösten Zustand des ersteren voraussetzt, zeigte schon die angeführte Bildung von Schwefelkies in jenem mit Zucker versetzten Mineralwasser. Denn aus demselben scheidet sich schon nach wenigen Tagen nach dem Einfüllen das meiste Eisen als Eisenoxydhydrat aus, und dieses war es, welches sich auf Kosten der, durch Zersetzung der schwefelsauren Salze mittelst des Zuckers gebildeten, Schwefelleber in Schwefelkies umgewandelt hatte. Ohne Zweifel war der Proceß, wodurch sich Schwefelkies auf jenen Ge-

schieben gebildet hatte, von gleicher Art, und diese Bildung konnte natürlich in der Grandschicht unter dem Moorboden, weil es darin an vegetabilischen Ueberresten fehlte, obgleich das, schwefelsaure Salze haltende, Wasser, das sich von unten nach oben bewegte, vorhanden war, nicht stattfinden.

Die Eisenoxydhydrat-Rinde, womit die Quarzgeschiebe in der Tiefe der Trinkquelle überzogen waren, würden sich ohne Zweifel gleichfalls in Schwefelkies umgewandelt haben, wenn organische Ueberreste vorhanden gewesen wären, welche die noch reichlichere Menge schwefelsaurer Salze in der Trinkquelle hätten zersetzen können. Dafs übrigens diese Zersetzung, wenn auch in einem viel geringeren Grade, dennoch stattfindet, zeigt der nicht unbedeutende Geruch nach Schwefelwasserstoff, welchen man beim Abspumpen der Quelle wahrnimmt, so wie auch das, in dem vorhergehenden Aufsätze erwähnte bolzenartige Eisen. Als nämlich dasselbe in verdünnte Salzsäure gebracht wurde, entwickelte sich Schwefelwasserstoffgas, welches durch den Geruch und durch die Bräunung eines mit Bleizucker getränkten Papiers deutlich zu erkennen war. Eine Bildung von Schwefelkies an metallischem Eisen ist wohl zu bezweifeln; jener gelblichgrüne Ueberzug enthielt eine niedrigere Schwefelungsstufe, wahrscheinlich dreifach Schwefeleisen.

Die Bildung des Schwefelkieses scheint nicht die einzige Bildung von Schwefelmetallen auf nassem Wege in der Natur zu seyn. Das Schwefelzink, womit altes Grubenholz aus einem verlassenen Bergwerk in hiesiger Gegend überzogen gefunden wurde, und wovon wir (Nöggerath und ich) Nachricht gegeben haben <sup>1)</sup>, hat sich gewifs auf keine andere Weise gebildet, als dafs eine Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd, womit das Holz in Berührung kam, durch dasselbe nach und nach zersetzt wurde, und so sich Schwefelzink bildete.

1) Neues Jahrb. d. Chem. u. Phys. Bd. V S. 245.

XVIII. *Temperatur in der Tiefe.*

In einem Bohrloche, welches neuerlich, behufs der Anlegung eines artesischen Brunnens, in einem Schlachthofe (*Cour de l'abbatoir de Grenelle*) zu Paris niedergetrieben worden, hat man mittelst eines Maximum-Thermometers folgende Temperaturen beobachtet:

1835 Dec. 20. Tiefe 248 Meter, Temper.  $+20^{\circ},0$  C.

1836 Mai 15. - 298 - -  $+22,2$  C.

Der Unterschied dieser beiden Beobachtungen giebt eine Wärmezunahme von  $1^{\circ}$  C. auf 23 Meter. Die letztere Beobachtung allein, verglichen mit  $10^{\circ},6$  C., der mittleren Temperatur an der Erdoberfläche zu Paris, giebt dagegen  $1^{\circ}$  C. auf 26 Meter. Daraus könnte man schließen, daß die Wärmezunahme desto rascher sey als die Tiefe größer ist; indess, meint Hr. Arago, dürfe man sich diesem Schluß doch nicht zu rasch hingeben, denn einerseits könnten die Bohrwerkzeuge durch ihre Masse die Temperatur des flüssigen Schlammes (der im Bohrloche befindlich war) abgeändert, und andererseits mußten sie durch ihren steten Auf- und Niedergang die verschiedenen Schichten des Schlammes mit einander gemischt haben; auch hätten die Stöße des Instruments den Index des Thermometers leicht etwas verschieben können. Dennoch glaubt Hr. Arago, daß Paris zu der Hoffnung berechtigt sey, nächstens eine heiße Quelle bei sich erbohrt zu sehen. — In einem andern Bohrloche, in der Kriegsschule zu Paris, hat ein Herr Walferdin mittelst eines von ihm construirten [dem Geothermometer (Ann. Bd. XXII S. 136) von Magnus ganz ähnlichen] Instruments in 173 Meter Tiefe die Temperatur  $16^{\circ},4$  C. beobachtet. Diefes giebt, die mittlere Bodentemperatur zu  $10^{\circ},6$  C. angenommen, eine Wärmezunahme von  $1^{\circ}$  C. auf 30 Meter (*Compt. rend.* 1836, No. 21 p. 501. 514) <sup>1)</sup>.

- 1) Bei dieser Gelegenheit verdient wohl in Erinnerung gebracht zu werden, daß ein Bohrloch zu Rüdersdorf, vier Meilen von Berlin, in 880 Par. Fufs (285,9 Meter) Tiefe schon die Temperatur  $18^{\circ},8$  R. ( $23^{\circ},5$  C.) ergeben hat. Setzt man mit Hrn. v. Humboldt, die mittlere Bodentemperatur zu Berlin gleich  $7^{\circ},6$  R. ( $9^{\circ},5$  C.), so hätte man eine Wärmezunahme von  $1^{\circ}$  R. auf  $78,6$  Par. F. oder von  $1^{\circ}$  C. auf 20,4 Meter, falls das im Bohrloch befindliche Wasser, dessen Temperatur beobachtet wurde, nicht aus einer größeren Tiefe als die gemessene herstammte. (Ann. Bd. XXVIII S. 233, auch G. Bischof in Bd. XXXV S. 209.)

**XIX. Ueber die Wirkung des Ankers auf Elektromagnete und Stahlmagnete;**  
*von Gustav Magnus.*

**1) Ueber Zuckungen durch Elektromagnete.**

Man war früher nur im Stande an dem Leitungsdrahte einer Volta'schen Säule Zuckungen des menschlichen Körpers zu erhalten, wenn dieselbe aus einer grösseren Anzahl von Plattenpaaren bestand. Hr. Faraday hat zuerst in der neunten Reihe seiner Untersuchungen <sup>1)</sup> gezeigt, dass man auch bei Anwendung eines einzigen Plattenpaares dergleichen Zuckungen erhalten könne, wenn ein sehr langer Draht als Leitung benutzt wird, jedoch immer nur bei dem Oeffnen, nicht aber bei dem Schliessen der Kette. Er hat ferner gezeigt, dass die Zuckungen stärker werden, wenn der Draht spiralförmig gewunden ist, und noch stärker, wenn sich in der Spirale weiches Eisen befindet.

Die Erklärung, die derselbe von diesem Entstehen der Zuckungen gegeben hat, beruht auf der Thatsache, dass ein Strom, während er verschwindet, einen Strom von gleicher Richtung in jeder in seiner Nähe befindlichen Metallmasse erzeugt, die einen in sich geschlossenen Leiter bildet. So wie nun bei dem Oeffnen der Kette in einer neben dem Schliessungsdraht befindlichen Metallmasse ein Strom in gleicher Richtung entsteht, so erzeugt sich auch, nach dieser Erklärung, ein solcher Strom in dem Schliessungsdrahte selbst. Durch diesen wird, da er von gleicher Richtung ist, die Wirkung des ursprünglichen Stromes vermehrt. Einen solchen beim Verschwinden eines Stromes entstehenden neuen Strom nennt Hr. Faraday einen durch Induction entstandenen.

1) Diese Annalen, Bd. XXXV S. 413.

Von seiner Stärke hängt die Stärke der Zuckungen ab. Diese werden daher um so viel stärker seyn, je länger der Draht oder die Ausdehnung ist, in der die Erzeugung des Stromes durch Induction stattfindet.

Wird der Schließungsdraht zu einer Spirale gewunden, so entsteht bei Unterbrechung des Stroms nicht nur durch Induction eine Verstärkung desselben, wie bei dem geraden Drahte, sondern außerdem wirkt auch das Verschwinden des Stroms aus jeder einzelnen Windung durch Induction auf die daneben liegenden Windungen, und hierdurch wird eine neue Verstärkung des Stroms herbeigeführt.

Ist endlich in der Spirale noch weiches Eisen enthalten, welches, während der Strom durch den spiralförmigen Schließungsdraht geht, ein sogenannter Elektromagnet wird, so kann man sich vorstellen, daß der Magnetismus in demselben dadurch entsteht, daß auch in dem Eisen Ströme von derselben Richtung wie in dem Schließungsdraht hervorgebracht werden. Bei dem Verschwinden des Stroms in dem spiralförmigen Schließungsdraht verschwinden auch die Ströme in dem Eisen, und wirken dadurch ebenfalls inducirend auf den Schließungsdraht, wodurch noch eine neue Verstärkung des Stroms im Augenblicke seiner Unterbrechung eintritt.

Um diese Zuckungen selbst zu erhalten, wandte ich einen Elektromagneten von folgender Construction an: das Eisen in demselben war von kreisförmigem Durchschnitt, 14 Par. Zoll lang, 1,6 Zoll im Durchmesser, von Hufeisenform, die Schenkel 2,1 Zoll von einander abstehend. Der mit Seide umspinnene Kupferdraht, mit welchem dasselbe umwickelt war, hatte einen Durchmesser von 0,5 Linie. Die Länge desselben kann ich nicht genau angeben, doch schätze ich sie auf mindestens 1400 Fufs. Der Draht befindet sich nicht unmittelbar auf dem Eisen, sondern er ist über zwei Messinghülsen spiralförmig gewickelt, so daß jede eine Drahtspirale von 700 Fufs enthält. Jede dieser Drahtspiralen ist auf einen



Schenkel des Eisens gesteckt, der mittlere gekrümmte Theil desselben aber ist frei von Draht.

Das Plattenpaar, welches zur Erzeugung des elektrischen Stromes diente, bestand aus einer spiralförmig gewundenen Zink- und Kupferplatte, jede von ein Quadratfuß Oberfläche. Es wurde stets dasselbe Plattenpaar angewendet und eine Verstärkung des Stroms nur durch Anwendung von stärkerer Säure bewirkt. Mittelst eines ziemlich starken Stroms trug dieser Elektromagnet 140 Pfund. An der Stelle, wo die Drähte des Elektromagneten in [die an der Kupfer- und Zinkplatte befestigten Quecksilbernäpfchen tauchten, waren messingene Handhaben von Cylinderform (5 Zoll lang und  $1\frac{1}{4}$  Zoll im Durchmesser) angebracht.

Wenn man diese Handhaben in den befeuchteten Händen hielt und durch Ausheben der einen die Leitung unterbrach, so bekam man Zuckungen, die sich bis in das Handgelenk hinauf erstreckten.

Die Drahtspiralen waren gewöhnlich so mit einander verbunden, daß das Eisen zwei ungleichnamige Pole an seinen beiden Enden hatte, sie konnten aber auch so verbunden werden, daß diese Pole gleichnamig waren. Die magnetische Intensität des Elektromagneten war alsdann so schwach, daß er nicht seinen Anker allein zu tragen vermochte, aber die Zuckungen waren durchaus dieselben, wie wenn der Elektromagnet zwei ungleichnamige Pole hatte, in welchem Falle derselbe 140 Pfund trug.

Diese Erscheinung zeigte sich nicht nur bei dem beschriebenen Elektromagneten, sondern auch bei allen ähnlich construirten, bei denen überhaupt Zuckungen wahrgenommen werden konnten. Es geht aus derselben hervor, daß die Verstärkung der Induction, welche durch das Verschwinden des Magnetismus entsteht, nicht sowohl von der magnetischen Intensität der ganzen Eisenmasse, als von der Summe der Intensitäten aller ihrer einzelnen Theile abhängt. Denn die erstere, die Intensität des Ei-

sens als ganze Maafse, ist sehr verschieden, je nachdem der Elektromagnet zwei gleichnamige oder zwei ungleichnamige Pole hat, während die letztere, die Summe der Intensitäten aller Theile des Eisens, in beiden Fällen dieselbe bleibt, wie es nothwendig seyn muß, wenn die Zuckungen ungeändert bleiben sollen.

Es lehrt diese Beobachtung zu gleicher Zeit, was freilich auch schon anderweitig bekannt ist, daß die inducierende Wirkung immer dieselbe ist, welches auch die Richtung seyn mag, in welcher der Magnetismus verschwindet. Denn da jedes Eisentheilchen, das durch eine Drahtspirale magnetisch wird, seine Pole in entgegengesetzter Richtung hat, als ein durch die andere Spirale magnetisch gewordenes, und durch jede Spirale eine gleiche Masse des Eisens magnetisch wird, so würde die inducierende Wirkung beider Hälften sich aufheben, wenn bei dem Verschwinden des Magnetismus die Richtung der Pole von Einfluß wäre.

Wurden aber die beiden Drahtspiralen so mit einander verbunden, daß der Elektromagnet zwei ungleichnamige Pole hatte, was bei allen später zu erwähnenden Versuchen der Fall war, so konnten die Zuckungen beliebig stärker oder schwächer erhalten werden, je nachdem die Unterbrechung der geschlossenen Kette plötzlich oder weniger plötzlich geschah.

Am besten kann man eine Verschiedenheit in der Unterbrechung der Kette erhalten, wenn die Drähte des Elektromagneten in etwas weite Näpfchen mit Quecksilber geführt werden, welche wiederum mit dem galvanischen Plattenpaar in leitender Verbindung stehen. Unterbricht man alsdann die Kette dadurch, daß der eine Draht aus dem Quecksilber gehoben wird, so sind die Zuckungen, wenn man den Draht rasch in senkrechter Stellung heraushebt, nur sehr schwach. Hebt man denselben aber langsam heraus, und thut man dies noch außerdem in schräger Richtung, wodurch die Trennung

von der Oberfläche noch etwas mehr Zeit erfordert, so sind die Zuckungen ungleich heftiger. Bei gleich schneller Unterbrechung der Kette dagegen, erhält man unter übrigens gleichen Umständen stets Zuckungen von derselben Stärke.

Diese Beobachtung bestätigt, wie mir scheint, die Erklärung, welche Hr. Faraday von der Hervorbringung der Zuckungen gegeben hat. Denn nach dieser Erklärung entsteht der inducirte Strom, welcher die Zuckungen erzeugt, durch das Verschwinden des vorhandenen Stroms. Allein es wird derselbe nur entstehen können, so lange noch eine Leitung wirklich vorhanden ist. Wird diese daher sehr rasch unterbrochen, so ist sie in dem Augenblick, wo der inducirte Strom entstehen könnte, schon nicht mehr vorhanden, und dadurch die Bildung dieses Stromes unmöglich. Wird also der Draht schnell aus dem Quecksilbernäpfchen herausgehoben, so scheint die Zeit zur Bildung des inducirten Stromes nicht hinreichend zu seyn. Findet dagegen ein allmähliges Trennen des Drahtes von der Quecksilberfläche Statt, so kann der inducirte Strom sich in allen Theilen des Drahtes vollständig bilden, und dadurch eine um so viel stärkere Wirkung hervorbringen.

Wurde der eben erwähnte Versuch auf dieselbe Weise angestellt, aber der Elektromagnet vor dem Oeffnen der Kette mit einem Anker versehen, so waren die Zuckungen, obgleich das Oeffnen mit derselben Geschwindigkeit als vorhin geschah, so schwach, daß ich anfänglich glaubte, sie wären ganz verschwunden.

Wird ein Anker an einen Magneten gelegt, so wird er selbst magnetisch, jedoch mit entgegengesetzten Polen, und hebt dadurch die Wirkung des Magneten auf. Eben so wirkt der Anker bei einem Elektromagneten, und es war deshalb wahrscheinlich, daß der Anker die Verminderung in der Stärke der Zuckungen nur dadurch hervorbringe, daß er die inducirende Wirkung des Ei-

sens aufhebt. Denn da die Zuckungen bei einem Elektromagneten theils durch die Induction des Drahtes auf sich selbst und theils durch die des Eisens auf den Draht hervorgebracht werden, so konnte der Anker diesen letzteren Theil der Wirkung aufheben, so daß alsdann der Leitungsdraht nur allein inducirend auf sich selbst wirkte, und dadurch die schwachen Zuckungen erzeugte, die bei angelegtem Anker noch erhalten wurden. Es schien deshalb nöthig sowohl die inducirende Wirkung des Eisens als auch die des Schließungsdrahtes jede für sich kennen zu lernen.

Zunächst wurde der Schließungsdraht allein ohne alles Eisen angewendet, und zu dem Ende dieß letztere aus den eben erwähnten Messinghülsen, über welche der Draht gewunden ist, herausgenommen. Die Zuckungen, die jetzt erhalten wurden, waren ungleich stärker als die, welche bei eingebrachtem Eisen mit angelegtem Anker erfolgten.

Hieraus geht hervor, daß die Wirkung des Ankers nicht darin allein besteht, daß derselbe die Induction des Eisens aufhebt; sondern daß derselbe noch eine andere Wirkung ausübt, welche der Induction des Drahtes auf sich selbst entgegen wirkt.

Es darf übrigens nicht unerwähnt bleiben, daß die Zuckungen, die bei Anwendung des spiralförmigen Schließungsdrahtes allein erhalten wurden, nur wenig schwächer waren, als die, welche nach Einführung des Eisens ohne Anker erfolgten. Ohne Zweifel rührt die geringe Verstärkung durch das Eisen davon her, daß bei dem angewandten Elektromagneten die Masse des Drahtes sehr bedeutend ist im Vergleich zu der des Eisens, und daß deshalb die inducirende Wirkung des Drahtes auf sich selbst ebenfalls so bedeutend ist im Vergleich zu der des Eisens auf den Draht, daß diese letztere kaum in Betracht kommt.

Um ferner auch die inducirende Wirkung des Eisens

auf den Draht allein zu erhalten, wurde der spiralförmige Schließungsdraht wieder um das Eisen befestigt, und, während der Strom durch denselben ging, der Anker angelegt. Hierauf wurde die Leitung unterbrochen. Der Anker blieb an dem Eisen haften, und es blieb also das Eisen magnetisch. Ein elektrischer Strom aber konnte in dem Draht nicht mehr vorhanden seyn, da derselbe geöffnet war. Wurden nun die Handhaben, welche an den Enden des Drahtes befestigt waren, in den befeuchteten Händen gehalten, und dadurch eine leitende Verbindung zwischen den Enden des Drahts mittelst des Körpers hergestellt, und alsdann der Anker abgerissen, so erhielt man eine Zuckung, die jedoch stärker oder schwächer war, je nachdem der Anker plötzlich abgerissen oder abgeschoben wurde.

Diese Zuckungen sind offenbar nur eine Wirkung der Induction des Eisens auf den Draht. So lange der Anker an dem Eisen haftet, hebt er die magnetische Wirkung desselben auf. Werden aber beide getrennt, so verschwindet der Magnetismus und es entsteht durch Induction ein Strom in dem Draht, der von gleicher Richtung ist als der, welcher den Magnetismus in dem Eisen erzeugt hat.

Wenn der eben erwähnte Versuch so abgeändert wurde, daß, während man die Handhaben in den befeuchteten Händen hielt, zugleich eine metallische Verbindung zwischen den Enden des Drahts stattfand, die in dem Augenblick unterbrochen wurde, wo der Anker von dem Eisen getrennt wurde, so erhielt man eine außerordentlich heftige Zuckung, etwa eben so stark als von einer mäfsig geladenen Leidener Flasche.

Diese starke Wirkung scheint davon herzuführen, daß für das Entstehen des inducirten Stroms beim Abreißen des Ankers ein geschlossener Leiter vorhanden seyn muß. Besteht dieser nun, auch nur theilweis, aus einem schlechten Leiter, wie der menschliche Körper ist,

so wird kein so starker Strom entstehen können, als bei Anwendung eines vollkommeneren metallischen Leiters. Wird ein solcher vollkommener metallischer Leiter in dem Augenblick unterbrochen, wo der Strom schon in ihm entstanden ist, und tritt dabei, statt der metallischen Verbindung, die Verbindung durch den Körper ein, so wird der nun schon in dem metallischen Leiter gebildete stärkere Strom durch den Körper gehen, und also eine stärkere Zuckung veranlassen, als wenn bei dem Entstehen des Stroms die Leitung nicht vollkommen metallisch ist.

Besonders auffallend aber ist es, daß in diesem Falle die Zuckung, welche allein von der inducirenden Wirkung des Eisens herrührt, ungleich stärker ist, als die Zuckungen, welche, durch Anwendung eines Elektromagneten ohne Anker, beim Oeffnen der Kette erhalten werden, wiewohl bei diesen nicht nur das Eisen, sondern auch der Schließungsdraht selbst inducirend wirkt.

Hiervon liegt der Grund, wie ich glaube, darin, daß eine Voltasche Kette zwar ein in sich geschlossener Leiter ist, der aber zum Theil aus einem vollkommenen Leiter, dem metallischen Schließungsdraht, zum Theil aus einem weniger vollkommenen, nämlich der Flüssigkeit, besteht, die zwischen den Platten enthalten ist. In einem so beschaffenen geschlossenen Leiter wird niemals ein eben so starker Strom durch Induction entstehen können, als in einem durchgängig metallischen. Es wird deshalb die inducirende Kraft des Eisens beim Abreißen des Ankers in dem durchgängig metallischen Leiter einen viel stärkern Strom erzeugen, als die inducirende Kraft des Eisens und des Schließungsdrahtes in dem unvollkommenen Leiter, den die Kette darbietet. Ueberhaupt ist es denkbar, daß die Wirkung eines galvanischen Stromes viel stärker seyn würde, wenn bei seiner Erzeugung kein feuchter Leiter angewendet zu werden brauchte, so daß der Schließungsdraht durch eine metallische Leitung in

sich zurückkehren könnte; gerade so, wie dieß bei den durch Induction erzeugten Strömen der Fall ist.

Da, wie schon oben erwähnt, die Abnahme in der Stärke der Zuckungen, bei Anlegung des Ankers, nicht davon herrührt, daß die inducirende Wirkung des Eisens aufgehoben wird, sondern auch außerdem noch eine Wirkung stattfinden muß, welche der Induction des Drahtes auf sich selbst entgegenwirkt, so glaubte ich anfangs, daß das Eisen durch Anlegung des Ankers wie ein in sich geschlossener Draht wirkt, der sich neben einem Schließungsdraht befindet, und von dem Hr. Faraday gefunden hat, daß er der inducirenden Wirkung des Schließungsdrahtes auf sich selbst entgegenwirkt <sup>1</sup>). Es entsteht nämlich, wenn ein in sich geschlossener Draht sich neben einem Schließungsdraht befindet, in dem ersten beim Oeffnen der Kette ein Strom durch Induction, von gleicher Richtung als in dem Leitungsdrahte. Dieser inducirte Strom aber wirkt während seines Entstehens gleichfalls inducirend auf den Schließungsdraht zurück, erzeugt also als entstehender Strom einen ungleichnamigen Strom in dem Schließungsdrahte, und hebt somit die Wirkung des ursprünglichen Stromes theilweis auf. Das hufförmige Eisen bildet nach Anlegung des Ankers einen in sich geschlossenen Leiter; wenn es aber nur als solcher auf den spiralförmigen Schließungsdraht wirkte, so mußte jeder andere an dieselbe Stelle gebrachte metallische Leiter dieselbe Wirkung hervorbringen.

Es wurde, um dieß zu untersuchen, ein starker in sich geschlossener Kupferdraht an die Stelle des hufförmigen Eisens gebracht. Die Zuckungen aber blieben durchaus ungeändert. Da es möglich schien, daß die Stärke dieses in sich geschlossenen Drahtes von Einfluß seyn könnte, so liefs ich ein Hufeisen von Zink gießen, genau von derselben Form und von denselben Dimensionen als das gewöhnlich benutzte eiserne. Wurde

1) Diese Annalen, Bd. XXXV S. 429 §. 1090.

diefs mit dem spiralförmigen Schließungsdraht umgeben, und durch einen Anker von Zink zu einem geschlossenen Leiter gemacht, so waren die Zuckungen ganz dieselben wie diejenigen, welche durch den Schließungsdraht allein erhalten wurden. Auch wenn statt des Ankers von Zink der Anker von Eisen an das Hufeisen von Zink gelegt wurde, blieben die Zuckungen ganz ungeändert.

Es geht hieraus hervor, daß die Wirkung des Eisens auf den Schließungsdraht nicht jedem Metalle oder jedem elektrischen Leiter zukomme, sondern nur dem Eisen, und wahrscheinlich auch den anderen Metallen, die den Magnetismus anzunehmen fähig sind.

Ich untersuchte nun, ob auch bei kleineren Elektromagneten das Anlegen des Ankers eine ähnliche Abnahme in der Stärke der Zuckungen hervorbringe, und wandte hierzu ein Eisen von 0,8 Zoll Durchmesser und 16 Zoll Länge, hufeisenförmig gebogen, an, auf dessen Schenkel Drahtspiralen gesteckt wurden, die jede 100 Fufs Draht enthielten (so daß der Leitungsdraht im Ganzen 200 Fufs lang war). Indefs war ich nicht wenig überrascht zu finden, daß bei diesem Elektromagneten keine Abnahme in der Stärke der Zuckungen durch das Anlegen des Ankers stattfand.

Ich gerieth daher auf den Gedanken, daß vielleicht die Beschaffenheit des Eisens in dem oben (S. 418) beschriebenen Elektromagneten die erwähnten Erscheinungen hervorgebracht habe, und liefs ein Eisen von derselben Form, als das früher benutzte, aber von einer ganz anderen Eisensorte, fertigen. Da diels sich aber eben so verhielt als das frühere, so konnte nicht die Beschaffenheit des Eisens bei dem oben beschriebenen Elektromagneten die grofse Abnahme der Zuckungen verursacht haben.

Wurde nun dasselbe Eisen, das, umgeben mit dem 1400 Fufs langen Leitungsdraht, bei angelegtem Anker so schwache Zuckungen zeigte, nur mit einem 200 Fufs



langen Drahte umgeben, so zeigte dieser bei angelegtem Anker fast gar keine Abnahme der Zuckungen. Woraus hervorgeht, daß nur die Länge des Drahts die Abnahme der Zuckungen bedinge.

2) Für das Verschwinden des Stroms in dem Schließungsdraht eines Elektromagneten ist eine Zeit erforderlich.

Die eben erwähnten Erscheinungen ließen vermuthen, daß das Eisen eines Elektromagneten eine Wirkung auf den dasselbe umgebenden Draht ausübt, die verschieden ist, je nachdem es mit einem Anker versehen ist oder nicht. Um diess zu erfahren, wurde folgender Versuch angestellt.

Der Strom wurde durch den langen Schließungsdraht des S. 418 beschriebenen Elektromagneten geleitet. Darauf wurde, um den Strom zu unterbrechen, das eine Ende des Drahts aus dem Quecksilbernäpfchen, welches an der einen Platte der Säule befestigt war, herausgehoben, und so rasch als möglich in ein anderes Näpfchen mit Quecksilber getaucht, welches in leitender Verbindung mit dem andern Ende des Schließungsdrahtes stand, so daß dieser Draht hierdurch in sich zurückkehrte, aber von der Säule getrennt war. Um zu sehen, ob hierbei noch ein Strom in dem Drahte vorhanden bleibe, war zuvor ein Multiplicator in den Schließungsdraht eingeschaltet worden. So lange der Draht mit der Säule in Verbindung gestanden hatte, war die Doppelnadel des Multiplicators um  $90^\circ$  abgewichen. Wenn nun bei der Trennung des Drahtes von der Säule sich kein Anker an dem Eisen befand, so war augenblicklich jede Ablenkung der Nadel verschwunden, denn sie machte Schwingungen, die sich nach beiden Seiten ihrer ursprünglichen Lage gleich weit erstreckten. War dagegen vor der Trennung des Drahtes von der Säule der Anker an den Elektromagneten angelegt worden, so kehrte die Nadel nur *ganz allmählig* in ihre ursprüngliche Lage zurück, und zwar so

langsam, daß nach der verschiedenen Stärke des Stroms 20 bis 70 Secunden vergingen, bis die Nadel Schwingungen machte, die auf beiden Seiten ihrer ursprünglichen Lage gleich groß waren. Während dieser Zeit aber bewegte sie sich auf die Art, daß sie aus ihrer Ablenkung um  $90^\circ$  sich ihrer ursprünglichen Lage bis auf etwa  $75^\circ$  näherte, sich dann wieder um wenige Grade entfernte, dann sich wieder bis auf etwa  $40^\circ$  näherte, sich wieder um wenige Grade entfernte u. s. f., bis die Abweichung Null wurde, und die Schwingungen nach beiden Seiten gleich waren.

Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, daß wenn der Draht nach dem Oeffnen der Kette nicht in sich zurückkehrte, auch kein Strom ferner in ihm zu entdecken war, der Anker mochte sich an dem Elektromagneten befinden oder nicht.

Dasselbe Resultat das dieser Versuch gegeben hatte, daß nämlich in dem Schließungsdraht eines Elektromagneten der Strom beim Oeffnen der Kette nur langsam verschwindet, wenn ein Anker an dem Elektromagneten liegt, dahingegen plötzlich verschwunden ist, wenn der Elektromagnet keinen Anker trägt, zeigte sich auch, als derselbe Versuch mit demselben Eisen angestellt, aber statt des 1400 Fufs langen Schließungsdrahts nur ein 200 Fufs langer benutzt wurde, nur war die Zeit kürzer, die verging bis die Nadel in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrt war. Eben dasselbe fand statt, wenn ein schwächeres Eisen (von nur  $\frac{7}{8}$  Zoll Durchmesser) angewandt wurde, das ebenfalls mit einem 200 Fufs langen Draht umwunden war, bei diesem mußte indess schon ein ziemlich empfindlicher Multiplicator angewandt werden. Es ist also die Zeit, welche bis zum völligen Verschwinden des Stroms bei angelegtem Anker vergeht, bei Anwendung derselben Eisenmasse kürzer, wenn der Leitungsdraht kürzer ist. Bei Anwendung derselben Drahtlänge aber ist diese Zeit kürzer, wenn die Masse des Eisens geringer ist.

Um den Einfluss der Länge des Drahts bei dieser Erscheinung zu verfolgen, wurde das starke Eisen (von 1,6 Zoll Durchmesser) mit nur 12 Windungen eines sehr starken Kupferdrahts (von 3 Linien Durchmesser) umgeben, so dass sechs Windungen, jede  $\frac{1}{2}$  Zoll von der andern abstehend, um jeden Schenkel des Hufeisens lagen, während der mittlere gekrümmte Theil desselben ganz frei von Windungen war. Wurde dieser Draht durch Drähte von derselben Stärke mit dem oben beschriebenen Plattenpaar in Verbindung gesetzt, so war die Tragkraft des Elektromagneten fast dieselbe wie bei Anwendung des dünnen 1400 Fufs langen Drahts, der das Eisen in etwa 2200 Windungen umgab. Allein es war nicht möglich zu ermitteln, ob auch bei diesem kurzen, nur 9 Fufs langen, Draht ein langsames Verschwinden des Stromes stattfindet; denn als bei Anwendung desselben ein Multiplicator eingeschaltet wurde, der aus dünnem Drahte bestand, hörte die Tragkraft des Elektromagneten fast ganz auf. Der Grund hiervon ist der, dass wenn der Strom an irgend einer Stelle der Leitung durch einen dünnen Draht gehen muss, seine Stärke bedeutend abnimmt, und mit dieser nimmt auch die Tragkraft des Elektromagneten ab. Da folglich der Multiplicator nicht benutzt werden konnte, um das allmälige Verschwinden des Stroms bei diesem starken Drahte zu beobachten, so wurde eine Doppelnadel neben dem Drahte aufgehängt, doch war weder hierbei, noch auch wenn der starke Draht die Nadel in einigen Windungen umgab, ein langsames Zurückkehren derselben zu beobachten. Offenbar deshalb, weil die Zeit, welche die Nadel für eine Schwingung bedurfte, gröfser war als die, welche für das Verschwinden des Stromes nöthig war. Allein bei einem andern später (S. 431) zu erwähnenden Versuche zeigte sich, dass selbst bei diesem Drahte ein langsames Verschwinden des Stromes wirklich stattfindet.

- 3) Für das Verschwinden des Magnetismus eines Elektromagneten beim Oeffnen der Kette ist eine Zeit erforderlich.

Das langsame Verschwinden des Stromes in dem Schließungsdrahte läßt sich vollständig erklären, wenn man annimmt, daß auch der Magnetismus eines Elektromagneten bei dem Oeffnen der Kette nicht augenblicklich verschwindet, wenn ein Anker an dem Elektromagneten sich befindet, sondern alsdann nur allmählig abnimmt. Denn ein solches allmähliges Verschwinden des Magnetismus würde durch Induction einen Strom in dem geschlossenen Leitungsdrahte von gleicher Richtung erzeugen, als der, welcher ursprünglich durch den Draht geleitet worden. Dieser inducirte Strom aber würde eben so allmählig erregt werden, als der Magnetismus verschwindet, er wird deshalb die Nadel des Multiplicators stets von Neuem abzulenken suchen, und sie dadurch nur allmählig in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren lassen.

Daß aber in der That das langsame Zurückkehren der Nadel in ihre ursprüngliche Lage davon herrührt, daß während längerer Zeit ein Strom von derselben Richtung fortwährend erzeugt wird, wurde durch folgenden Versuch bestätigt. Der Strom wurde, wie zuvor, durch den 1400 Fufs langen Schließungsdraht geleitet und der Anker an den Elektromagneten gelegt. Derselbe blieb bei Unterbrechung des Stroms noch mit ziemlich bedeutender Kraft an dem Elektromagneten haften. Es wurden sodann beide Enden des Drahtes von der Säule getrennt und mit einem Multiplicator in Verbindung gesetzt, so daß mittelst dieses Multiplicators der Schließungsdraht in sich zurückkehrte. Sogleich wich die Nadel des Multiplicators ab, und zwar in derselben Richtung als sie durch den Strom der Säule würde abgelenkt worden seyn. Dieses Abweichen der Nadel fand noch Statt, selbst nachdem der Leitungsdraht während zehn Secunden von dem Plattenpaare getrennt, und dann erst

durch den Multiplicator in sich selbst zurückkehrend gemacht war. Je später indeß dies geschah um so geringer waren die Ablenkungen der Nadel, und um so viel schneller kehrte dieselbe in ihre ursprüngliche Lage zurück. Stets aber schien die Zeit von dem Oeffnen der Kette bis zu dem Augenblick, wo die Nadel gleiche Schwingungen nach beiden Seiten ihrer ursprünglichen Lage machte, dieselbe zu seyn, der Draht mochte nach seiner Trennung von der Säule augenblicklich oder erst nach einiger Zeit in sich zurückkehrend gemacht werden.

Wenn aber, wie dieser Versuch zeigt, das langsame Verschwinden des Magnetismus, das langsame Verschwinden des Stromes in dem Leitungsdraht des Elektromagneten bei angelegtem Anker bewirkt, so ist auch einleuchtend, daß bei gleichen Eisenmassen und gleicher Tragkraft derselben, der Strom in dem umgebenden Drahte um so langsamer verschwinden wird, je länger dieser Draht ist, indem dieses langsame Verschwinden des Stroms eigentlich auf einer stets neuen Erzeugung desselben durch Induction beruht, die um so viel stärker ist, je länger der Draht ist auf den sie ausgeübt wird.

Dies bestätigte sich auch vollständig, als das in dem vorigen Versuch angewandte Eisen, statt mit dem 1400 Fufs langen Drahte nur mit 200 Fufs umgeben wurde. Es zeigte sich alsdann zwar dieselbe Erscheinung wie in dem vorigen Versuche, allein nur wenn die von der Säule getrennten Drähte sehr rasch mit dem Multiplicator in Verbindung gesetzt wurden. Und wenn statt dieses Drahts der 3 Lin. dicke und nur 9 F. lange Draht für dasselbe Eisen benutzt wurde (S. 429), so konnte eine Ablenkung der Nadel nur erhalten werden, wenn ein sehr empfindlicher Multiplicator angewendet wurde. Eben so verhielt es sich, wenn ein schwaches Eisen (nur 0,8 Zoll im Durchmesser) mit 200 Fufs langem Draht benutzt wurde.

Hieraus wird nun auch erklärlich, woher die Ab-

nahme der Zuckungen rührt, die durch das Anlegen des Ankers bewirkt wird.

Hat man nämlich einen Elektromagneten von sehr starker Tragkraft, so wird der Magnetismus desselben beim Oeffnen der Kette nur sehr langsam verschwinden. Ist das Eisen mit einem sehr langen Drahte umgeben, und wird dieser bei seiner Trennung von der Säule durch den menschlichen Körper in sich zurückkehrend, so wird durch das langsame Verschwinden des Magnetismus das Verschwinden des Stroms in diesem Drahte gehindert, er kann deshalb nicht inducirend auf sich selbst wirken, und folglich keine Zuckungen hervorbringen. Ist hingegen dasselbe Eisen bei derselben Tragkraft mit kürzerem Draht umgeben, so ist die durch das Verschwinden des Magnetismus hervorgebrachte inducirende Wirkung schwächer, weil sie auf eine geringere Länge des Drahts wirkt. Es wird deshalb das Verschwinden des Stroms in dem Drahte nicht in demselben Maasse gehindert, dieser wird daher inducirend auf sich selbst wirken können, und Zuckungen hervorbringen. Es hängt deshalb die Abnahme der Zuckungen nur von der Länge des Drahtes ab, und es ist nicht zu bezweifeln, daß sich für jede Eisenmasse auch eine Drahtlänge finden wird, bei welcher das Eisen, wenn es mit einem Anker versehen ist, das Entstehen der Zuckungen hindert. Bemerkenswerth aber ist, daß bei allen den Elektromagneten, bei denen keine oder nur eine sehr schwache Abnahme der Zuckungen durch das Anlegen des Ankers zu beobachten war, die Drähte so kurz waren, daß sie für sich, ohne Eisen, nur sehr schwache Zuckungen hervorbrachten. Deshalb wurden diese Zuckungen auch bedeutend stärker, sobald das Eisen ohne Anker sich in diesen Dräthen befand, während bei dem oben (S. 418) beschriebenen Elektromagneten, bei dem die Zuckungen durch Anlegen des Ankers fast ganz verschwanden, der spiralförmig gewundene Draht ohne Eisen fast eben so starke Zuckungen hervorbrachte als mit demselben.

#### 4) Von der Tragkraft der Elektromagnete bei Umkehrung des Stroms.

Das langsame Verschwinden des Stromes bei Anwendung eines Elektromagneten, der mit einem Anker versehen ist, erklärt noch ein anderes Factum. Es wird allgemein angenommen, daß der Anker an einem Elektromagneten nicht nur haftet, wenn die Verbindung mit der Kette aufgehoben wird, sondern auch, wenn der Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Draht geleitet wird. Ein Ungenannter, P. M. aus Dublin, behauptet sogar in dem *Philosophical Magazine* für 1833, Vol. III p. 18, daß in dem Augenblicke der Umkehrung des Stromes die Tragkraft eines Elektromagneten bedeutend zunehme. Bei meinem Versuch aber fand ich gerade das Gegentheil.

Bei Anwendung des Elektromagneten mit sehr langem Leitungsdrahte fiel der nur 3 Pfund schwere Anker bei Umdrehung des Stromes, dieselbe mochte noch so rasch erfolgen, selbst wenn gar kein Gewicht an ihm befestigt war, regelmäfsig ab, und doch war dieser Elektromagnet bei Anwendung desselben Stromes im Stande, 140 Pfund zu tragen. Wurde dasselbe Eisen mit dem 3 Linien starken, kurzen Leitungsdraht (S. 429) angewendet, so blieb zwar der Anker, wenn keine Last an ihm befestigt war, bei Umdrehung des Stromes haften, aber wenn bei ununterbrochener Wirkung des Stromes der Elektromagnet 80 Pfund trug, so rifs bei Umkehrung des Stromes der Anker jedesmal ab, wenn er nur noch mit 3 Pfund belastet war. Wurde dieser Strom unterbrochen, nicht aber umgekehrt, so trug der Anker noch 21 Pfund; es rifs also derselbe bei Umdrehung des Stromes ab, wiewohl er nur eine geringere Last trug, als die, welche er nach Aufhebung des Stromes zu tragen vermochte.

Früher glaubte man, daß der Strom in einem Elektromagneten, selbst wenn der Anker an demselben liegt,

beim Oeffnen der Kette momentan verschwinde, und dafs hierbei durch Induction ein Strom entstehe, der den Anker während des Moments der Umdrehung des Stromes mit derselben Kraft trage als er zuvor getragen wurde. Allein da, wie eben gezeigt worden, der Strom in einem Elektromagneten nur langsam verschwindet, wenn der Anker an demselben liegt, so mufs, selbst wenn schon der Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Draht geleitet wird, noch ein Strom in der früheren Richtung vorhanden seyn. Hierdurch wird dem nun entstehenden Strome entgegengewirkt, und es kann daher, wenn zum Entstehen desselben ebenfalls eine Zeit erforderlich ist, ein Punkt eintreten, wo diese einander entgegengesetzten Ströme gleich sind und sich vollständig in ihrer Wirkung aufheben. In diesem Augenblicke wird der Anker abfallen.

Es folgt hieraus, dafs der Anker niemals in demselben Augenblick abfallen wird, in welchem der Strom mittelst des sogenannten Stromwenders die entgegengesetzte Richtung erhält. Auch findet sich wirklich, dafs das Abfallen des Ankers stets später als diese Umdrehung des Stromes stattfindet. Bei dem Elektromagnet mit langem Leitungsdraht vergingen 4 Secunden zwischen der Umkehrung des Stroms und dem Abfallen des Ankers.

Bei allen Elektromagneten, bei denen eine hinreichende Zeit zwischen der Umkehrung des Stroms und dem Abfallen des Ankers vergeht, bleibt derselbe haften, wenn die Richtung des Stromes geändert, die frühere Richtung aber schnell genug wieder hergestellt wird.

- 5) Die magnetische Intensität nimmt zu durch das Anlegen des Ankers, und bedarf einer Zeit für diese Zunahme.

Dafs der Magnetismus eines Elektromagneten, nachdem seine Verbindung mit der Säule unterbrochen ist, nur langsam verschwindet wenn ein Anker angelegt ist,



während er plötzlich verschwindet; wenn dies nicht der Fall ist, wird dadurch weniger auffallend, daß auch, während der Elektromagnet unausgesetzt mit der Säule in Verbindung bleibt, der Magnetismus desselben zunimmt, wenn ein Anker angelegt wird, und daß diese Zunahme des Magnetismus ebenfalls nur allmählig stattfindet.

Wurde nämlich der Strom durch den 1400 füsigen Schließungsdraht geleitet und während dessen der Anker an den Elektromagneten gelegt, so haftete dieser anfänglich nur mit sehr geringer Kraft und konnte leicht wieder getrennt werden. Blieb derselbe aber während etwa zwei Secunden an dem Elektromagneten, so war ich nicht im Stande ihn wieder abzureißen, und es bedurfte alsdann eines Gewichts von mehr als einem Centner, um dies zu bewirken. Eben so war der Anker unmittelbar nachdem er angelegt worden leicht verschiebbar auf den Polen des Elektromagneten, doch wurde er allmählig immer fester, und nach einigen Secunden vermochte ich kaum mit aller Anstrengung ihn zu verrücken.

Es geht hieraus hervor, daß die starke Tragkraft der Elektromagnete beim Anlegen des Ankers erst allmählig eintritt. Doch ist dies vorzugsweise nur bei Elektromagneten der Fall, die mit sehr langem Draht umgeben sind, bei Anwendung kürzerer Drähte für dasselbe Eisen haftet hingegen der Anker fast momentan mit seiner vollen Kraft.

Daß während der Zeit, die bis zur Annahme der vollen Tragkraft des Elektromagneten vergeht, auch eine wirkliche und allmähliche Verstärkung seines Magnetismus stattfindet, ergibt sich aus folgender Beobachtung.

Der erwähnte Elektromagnet, mit 1400 Fuß Draht, vermochte nämlich an jedem einzelnen Pole nur äußerst geringe Eisenmassen zu tragen, etwa ein bis zwei Pfund, und doch war der Elektromagnet im Stande, sobald er mit einem Anker versehen wurde, etwa 140 Pfund zu

tragen <sup>1)</sup>). Ein gestrichener Stahlmagnet, der mittelst seines Ankers 10 Pfund trug, vermochte an einem Pol größere Eisenmassen zu tragen als dieser starke Elektromagnet.

Dasselbe findet bei allen Elektromagneten, die ich versuchen konnte, statt, daß sie nämlich, verglichen mit gestrichenen Stahlmagneten, eine sehr geringe Last an jedem einzelnen Pole zu tragen vermögen, so daß der größte Theil ihrer Tragkraft erst durch das Anlegen des Ankers erzeugt wird. Diefs brachte mich auf den Gedanken, daß die Tragkraft der mit einem Anker versehenen Elektromagnete besonders davon abhängt, daß das Eisen eine in sich geschlossene Masse bilde.

Um dies zu untersuchen wurden zwei Elektromagnete in Hufeisenform von ganz gleichen Eisenmassen, und mit ganz gleichem Draht umwunden so aufgestellt, daß ihre vier Pole ein Quadrat bildeten. Die Drähte derselben wurden so mit einander verbunden, daß der galvanische Strom durch beide nach einander ging, und die Pole so lagen, daß immer zwei ungleichnamige einander zunächst waren. Jeder von beiden Elektromagneten trug, wenn seine Pole durch einen Anker verbunden wurden, mehr als 50 Pfund. Wenn aber zwei zu den verschiedenen Elektromagneten gehörige ungleichnamige Pole mit einander verbunden wurden, so waren sie kaum im Stande den Anker allein zu tragen.

Man könnte glauben, daß die Pole beider Elektromagnete vielleicht nicht vollkommen in einer Ebene lagen, so daß der Anker bei der Verbindung der zu verschiedenen Elektromagneten gehörenden Pole diese nicht vollständig berühren konnte, und daß hierdurch dieser auffallende Unterschied herbeigeführt worden sey, allein

1) Die HH. J. Henry und Ten Eyck haben, wie ich später gesehen, in Sillimann's Journal, XIX, 402, schon eine ähnliche Beobachtung beiläufig erwähnt, ohne jedoch diesem merkwürdigen Gegenstande weitere Aufmerksamkeit zu schenken.

dieß wurde dadurch ganz widerlegt, daß, sobald die beiden andern Pole der beiden Elektromagnete ebenfalls durch einen Anker verbunden wurden, die Tragkraft sich sogleich bedeutend vermehrte, und wenn sie auch nicht eben so groß wurde als die der beiden zu einem Elektromagneten gehörigen Pole, so näherte sie sich doch derselben.

Um indess jedem Einwand zu begegnen, wurden zwei runde Stäbe von weichem Eisen, 7 Zoll lang und 0,8 Zoll im Durchmesser angewendet, die an beiden Enden vollkommen abgeschliffen waren. Sie wurden in einer Entfernung von  $2\frac{1}{2}$  Zoll von einander befestigt und jeder mit einem spiralförmig gewundenen Draht von 50 Fuß Länge umgeben. Beide Drähte waren so verbunden, daß der galvanische Strom durch beide nach einander ging, und daß die ungleichnamigen Pole beider Stäbe nach derselben Seite gewendet waren. Wurden die beiden nach unten gewandten Pole durch einen Anker verbunden, so vermochten sie kaum diesen, der etwa 3 Pfund wog, allein zu tragen; wurden aber gleichzeitig auch die beiden nach oben gewandten Pole durch einen Anker verbunden, so haftete der untere Anker so fest, daß er bis zu 40 Pfund zu tragen vermochte.

Wurden statt dieser Stäbe zwei andere, gleichfalls von 7 Zoll Länge, aber 1,6 Zoll im Durchmesser, angewandt, und wurden diese entweder mit dem 1400 füßigen oder mit dem starken, 3 Linien dicken und nur 9 Fuß langen Draht umgeben, so vermochten auch diese, selbst bei Anwendung eines sehr starken Stromes kaum den Anker allein zu tragen. Wurden aber ihre nach oben gewandten Pole durch ein flaches, wohl aufgeschliffenes Stück Eisen verbunden, so haftete der Anker mit solcher Kraft, daß er noch etwa 140 Pfund zu tragen vermochte <sup>1)</sup>).

1) Für Vorträge über Physik ist ein solcher aus 2 Stäben bestehender Elektromagnet sehr zu empfehlen, da derselbe alle Ei-

Dieser Versuch zeigt, daß eine Vermehrung der Tragkraft eines Elektromagneten dadurch bewirkt wird, daß das Eisen desselben eine in sich geschlossene Masse bildet. Ich habe mich überzeugt, daß diese Vermehrung vorzüglich auf eine vollständige Berührung des verbindenden Eisens beruht.

Wurden nämlich die beiden nach oben gewandten Pole der elektromagnetischen Stäbe durch ein Eisen verbunden, das sie nur in einer Kante berührte, so bewirkte dies eine kaum merkbare Vermehrung der Tragkraft der beiden anderen Pole, an denen der Anker angelegt war; wurde aber dasselbe Stück Eisen flach auf die oberen Enden der elektromagnetischen Stäbe gelegt, so war die Vermehrung sehr bedeutend.

Aber nicht nur wenn ein gerades Stück Eisen die Verbindung zwischen den Polen der beiden Stäbe macht, findet eine Vermehrung der Tragkraft der entgegengesetzten Pole statt, sondern auch wenn das verbindende Stück gekrümmt und daher länger ist. Um zu erfahren, ob auch, wenn die Verbindung durch eine sehr lange Eisenmasse stattfindet, eine Vermehrung der Tragkraft eintrete, liefs ich ein 6 Fufs langes Eisen von demselben Durchschnitt und derselben Beschaffenheit als die 0,8 Zoll starken elektromagnetischen Stäbe so biegen, daß es ein Hufeisen bildete, dessen Schenkel 3 Fufs lang waren, als durch dieses die nach oben gewandten Pole der Stäbe verbunden wurden, fand noch eine bedeutende Vermehrung der Tragkraft der entgegengesetzten Pole statt.

Man könnte hiernach vielleicht glauben, daß eine

genschaften eines hufeisenförmigen Elektromagneten besitzt, und ausserdem die bedeutende Verschiedenheit der Tragkraft bei fehlender Verbindung der Stäbe zeigt. Bei der Anfertigung desselben muß aber besonders dafür gesorgt seyn, daß bei angehängter Last die Stäbe sich durchaus nicht verrücken können, damit der Anker sowohl, als auch das oben aufgelegte Stück Eisen die Stäbe immer recht vollständig berührt.

solche Vermehrung der Tragkraft der Elektromagnete nur dadurch bewirkt werde, daß das Eisen eine in sich geschlossene Masse bildet. Allein auch wenn an den nach oben gewandten Polen der Stäbe Eisenmassen angelegt wurden, die einander nicht berührten, so fand schon eine Vermehrung der Tragkraft statt, nur mußten die Eisenmassen ziemlich bedeutend seyn. Ohne angelegte Eisenmassen trugen die Stäbe nur den 3 Pfund schweren Anker, nach dem Anlegen dieser Massen trugen sie 12 Pfund <sup>1)</sup>). Wurden die Eisenmassen jedoch so angebracht, daß sie einander berührten, oder wurden sie nur durch ein anderes Stück Eisen verbunden, so nahm die Tragkraft noch bedeutend zu. Doch wurde sie nie so stark wie wenn statt der Eisenmassen ein flaches Stück Eisen die oberen Pole der Stäbe verband.

Gestrichene Stahlmagnete scheinen sich in dieser Beziehung anders zu verhalten, wenigstens solche, die nicht eben erst gestrichen worden, sondern die schon seit längerer Zeit gedient haben. Denn wenn zwei Stäbe parallel mit einander senkrecht befestigt wurden, so haftete ein Anker an den beiden nach unten gewandten ungleichnamigen Polen stets mit derselben Kraft, die beiden nach oben gewandten Pole mochten durch ein Eisen verbunden seyn oder nicht. Eben so wenig fand eine Vermehrung der Tragkraft statt, wenn große Eisenmassen an die nach oben gewandten Pole gelegt wurden.

Wiewohl aber das Anlegen von Eisen an den einen Pol eines Stahlmagneten keine wahrnehmbare Vermehrung der Tragkraft des andern Poles bewirkt, so findet dennoch auch bei den Stahlmagneten eine Vermehrung des Magnetismus durch das Anlegen von Eisen statt, und es scheint, als ob diese sich nur nicht bis zu dem

1) Daß der Magnetismus der Erde ohne Einfluß auf diese Erscheinung war, ging daraus hervor, daß die Eisenmassen immer dieselbe Wirkung ausübten, in welche Richtung sie auch gebracht wurden.

entgegengesetzten Pole stark genug erstrecke, um eine Vermehrung der Tragkraft wie bei den Elektromagneten hervorzubringen. Es ist bekannt, daß wenn man einen Magneten einem in sich geschlossenen Kupferdraht nähert, ein elektrischer Strom in dem Drahte entsteht, und daß, wenn man denselben Pol des Magneten von dem Drahte entfernt, ein Strom in entgegengesetzter Richtung erzeugt wird, wenn aber der Magnet in unveränderter Entfernung von dem Drahte bleibt, keine wahrnehmbare Wirkung auf diesen letzteren stattfindet. Bringt man nun in einen spiralförmig gewundenen Draht, dessen beide Enden durch einen Multiplicator mit einander verbunden sind, einen Magnetstab, so weicht die Nadel des Multiplicators ab, kehrt aber, wenn der Magnet in der Spirale bleibt, wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Nähert man alsdann dem einen Pole des Magnetstabes ein Stück Eisen, so weicht die Nadel von Neuem ab, und zwar nach derselben Richtung nach der sie durch das Einbringen des Magneten abgewichen war. Diese Erscheinung hat auch schon Hr. P. Erman in seiner Abhandlung: »Ueber Erzeugung von Elektromagnetismus durch bloße Modification der Vertheilung der Polarität in einem unbewegten Magnet« <sup>1)</sup> angeführt.

Es geht hieraus hervor, daß das Annähern des Eisens ganz dasselbe bewirkt, als das Einbringen eines neuen Magneten gethan haben würde. Das heißt, es verstärkt den Magnetismus des schon vorhandenen Magneten <sup>2)</sup>. In Folge der erhaltenen Verstärkung wirkt der Magnet

1) Abhandlungen der Academie der Wissenschaften zu Berlin, 1832, S. 17. — Diese Annalen, Bd. XXVII S. 471.

2) Man kann zwar dieselbe Ablenkung der Nadel auch erhalten, wenn man einen Magneten aus der Spirale entfernt, allein dieser muß alsdann auch gerade entgegengesetzte Pole als der schon in der Spirale vorhandene Magnet haben. Die Entfernung eines solchen würde aber in ihrer Wirkung immer eine Verstärkung des Magnetismus des schon vorhandenen Magneten seyn.

ohne Zweifel von Neuem inducirend auf das Eisen, und dadurch wirkt dieß wieder auf den Magneten zurück, und so verstärken sich beide gegenseitig.

Wird einem Magnete, der sich in einer solchen Drahtspirale befindet, statt einer Eisenmasse ein anderer Magnetstab mit seinem ungleichnamigen Pole genähert, so weicht die Nadel des Multiplicators gleichfalls nach einer solchen Richtung ab, wie wenn ein Magnet von gleicher Richtung, als der schon in der Spirale vorhandene, in diese eingeführt würde. Also auch Magnete, die mit ihren ungleichnamigen Polen einander genähert werden, bewirken eine gegenseitige Verstärkung ihres Magnetismus.

Es ist dieß eine wirkliche Verstärkung der magnetischen Intensität, die ein Magnet durch das Anlegen, oder das bloße Annähern von Eisen erfährt. Das bekannte Factum, daß ein Magnet ein größeres Gewicht trägt, wenn man ihn nur mit Eisen beschwert, als wenn man an den eisernen Anker Gewichte von anderen Substanzen befestigt, beruht zwar auf einer solchen Verstärkung der magnetischen Intensität, indeß war es doch nicht möglich eine solche aus demselben abzuleiten. Denn die Vermehrung der Tragkraft konnte dadurch allein bewirkt seyn, daß das angehängte Eisen durch Vertheilung magnetisch wird, und eine größere und namentlich längere Eisenmasse ein stärkerer Magnet durch Vertheilung wird als eine kleine. Ist daher der Magnet nur durch Eisen belastet, so wird er selbst stärker angezogen, als wenn an seinem Anker von Eisen Gewichte von anderen Substanzen befestigt sind. Daß daher die Intensität des Magnetismus des Stahlmagneten selbst durch eine in der Nähe befindliche Eisenmasse verstärkt werde, konnte man aus diesem Versuche nicht wissen. Auch hat man dieß, so viel mir bekannt ist, nie früher ausgesprochen, und doch scheint dieses Factum für den Begriff der magnetischen Intensität überhaupt von der größten Wichtigkeit zu seyn.

Die Verstärkung der magnetischen Intensität, die so-

wohl Stahlmagnete als Elektromagnete durch Annähern von Eisen erfahren, erklärt nun auch wenigstens einige der vorher erwähnten Beobachtungen <sup>1)</sup>. Es ist diese Verstärkung bei Elektromagneten gröfser als bei Stahlmagneten, weil die ersteren aus weichem Eisen bestehen, das viel leichter den Magnetismus durch Induction anzunehmen vermag als der gehärtete Stahl. Es erstreckt sich deshalb auch die inducirende Wirkung des angelegten Eisens bei Elektromagneten viel weiter in die Masse derselben, und daher kommt es, dafs ein, an das eine Ende eines Elektromagnetstabes angelegtes Eisen, noch eine starke Wirkung auf das andere Ende des Stabes ausübt, während diefs bei Stahlmagneten nicht der Fall ist.

Hat man zwei einander parallele Elektromagnetstäbe mit ihren ungleichnamigen Polen nach derselben Seite gerichtet, so wird ein an beide nach oben gewandte Pole angelegtes Eisen durch die Wirkung beider Pole ein viel stärkerer Magnet werden, als wenn nur ein Pol auf dasselbe einwirkt; es wird deshalb auch selbst viel stärker inducirend auf die Elektromagnetstäbe wirken, und hierdurch wird eine starke Vermehrung der Tragkraft solcher Stäbe entstehen, die an beiden Enden durch Eisen mit einander verbunden sind. Es erklärt sich hieraus unmittelbar, warum diese Vermehrung schwächer wird, wenn das verbindende Eisen länger wird oder unvollständiger berührt.

Dieselbe Erklärung genügt auch für die bedeutende Vermehrung der Tragkraft durch Anlegung des Ankers bei hufförmigen Elektromagneten. Und aus ihr ergibt sich gleichfalls, warum eine Zeit für die Zunahme des

- 1) Auf dieser Zunahme der magnetischen Intensität durch das Anlegen von Eisen beruht auch ohne Zweifel die so vielfach beobachtete Erscheinung, dafs Magnete allmählig an Tragkraft zunehmen, wenn sie mit einem Anker versehen sind; so wie umgekehrt, dafs sie an magnetischer Intensität verlieren, wenn man sie während längerer Zeit ohne Anker läfst.



Magnetismus bei diesen Elektromagneten nöthig sey. Indem nämlich der Magnetismus des Eisens zunimmt, erzeugt er in dem umgebenden Draht einen Strom, der von entgegengesetzter Richtung als der schon vorhandene ist, und hebt hierdurch die Wirkung dieses letzteren theilweis auf.

Dafs dieß wirklich der Fall sey, wird durch Folgendes bestätigt. Wenn man einen Elektromagneten mit langem Draht als Schließungsdraht für die Säule anwendet, und dabei einen Multiplicator einschaltet, so weicht die Nadel, wenn kein Anker angelegt ist, bei hinreichend starkem Strom um  $90^\circ$  ab. Sobald man aber den Anker anlegt, hört sie auf so stark abzuweichen, und erreicht erst nach mehreren Schwingungen ihre frühere Abweichung vollständig wieder.

Es wird also durch das Anlegen des Ankers die Wirkung des von der Säule erzeugten Stroms auf kurze Zeit theilweis aufgehoben. Dieser aber erzeugt sich sogleich von Neuem, bewirkt eine neue Verstärkung des Magnetismus, wodurch er selbst wieder von Neuem gehemmt wird, hiernach erneut er sich wieder und verstärkt den Magnetismus wieder, bis dieser endlich das Maximum seiner Stärke angenommen hat. Es ist hiernach einleuchtend, dafs bei Anwendung sehr langer Drähte für die Elektromagnete eine längere Zeit bis zur Erreichung dieses Maximums vergeht als bei kürzeren Drähten, indem die inducirende Wirkung des Eisens auf einen längeren Draht stärker ist, und deshalb den in ihm vorhandenen Strom stärker hemmt. Bei kurzen Drähten kann die inducirende Wirkung des Eisens im Vergleich mit dem von der Säule erzeugten Strom nur unbedeutend seyn; es wird dieser daher nur eine sehr unbedeutende Hemmung erfahren, und deshalb wird ein Elektromagnet mit kurzem Draht das Maximum seiner Tragkraft bei Anlegung des Ankers fast augenblicklich erreichen.

Schwieriger möchte es seyn zu erklären, weshalb

bei einem mit einem Anker versehenen Elektromagneten eine Zeit für die Abnahme des Magnetismus nach Unterbrechung des Stroms nöthig ist. Denn nach dieser Unterbrechung kann kein Strom durch das Verschwinden des Magnetismus in dem Drahte erzeugt werden, so lange dieser nicht in sich geschlossen ist, und doch vergeht, wie die obigen Versuche zeigen, auch in diesem Falle eine nicht unbedeutende Zeit für diese Abnahme des Magnetismus.

---

XX. *Einige weitere Beobachtungen über das Verhalten des Eisens gegen die Salpetersäure <sup>1)</sup>*;

*von Dr. C. F. Schönbein,*

Professor der Chemie in Basel.

---

Bei meinen Untersuchungen über die Einwirkung der Salpetersäure auf das Eisen, fiel mir immer der verschiedene Grad der Intensität auf, mit der sie dieses Metall angreift, selbst bei Gleichheit des Wassergehalts und der Temperatur. Diese Intensitätsverschiedenheit der chemischen Wirkung läßt sich am auffallendsten bei einer Säure von 1,35 beobachten. Bringt man z. B. die beiden Enden eines zur Gabel gebogenen Eisendrahtes in eine solche Säure bei gewöhnlicher Temperatur, so werden dieselben in dem Augenblicke des Eintauchens mit stürmischer Heftigkeit angegriffen; nimmt man nach etwa eine Secunde lang angedauerter Thätigkeit die Drahtenden wieder aus der Säure heraus, hält sie einige Augenblicke in der Luft und taucht sie hierauf abermals ein, so wird die Wirkung der Säure auf das Eisen schon merklich schwächer seyn; nach drei- bis viermaligem Eintauchen und Herausnehmen tritt eine ziemlich langsame Action ein, und bei der fünften, spätestens bei der sechsten Eintau-

1) Siehe Ann. Bd. XXXVII S. 390 und 590.

chung erfolgt absolute chemische Indifferenz des Eisendrahtes, welche man an dem vollkommen metallischglänzenden Zustande der Oberfläche des in die Säure tauchenden Drahtendes erkennt. Ob es nun gleich eine unendliche Anzahl von Graden der Actionsintensität giebt, so kann man doch füglich zwei Hauptgrade annehmen, wovon wir den einen die langsame, den andern die rasche Einwirkung nennen wollen. Erstere ist dadurch charakterisirt, daß sie augenblicklich aufgehoben wird, sobald man den Eisendraht vermittelt Platin innerhalb der Säure berührt; die rasche aber dadurch, daß unter den gleichen Umständen letzteres Metall keinen Einfluß mehr ausübt. Ist ein Eisendraht durch wiederholtes Eintauchen in Salpetersäure von oben bezeichneter Stärke passiv gemacht worden, so zeigt er in seiner chemischen Indifferenz viel mehr Stabilität als ein Draht, der durch augenblickliche Berührung mit Platin oder mit einem indifferenten Eisendrahte in den passiven Zustand versetzt worden ist; ja ich habe häufig beobachtet, daß er (der durch Eintauchen passiv gemachte Draht) im Stande ist, selbst einen thätigen Eisendraht durch Berührung passiv zu machen, während doch in der Regel ein activer Draht unter diesen Umständen einen passiven in einen activen umwandelt, wie dieß aus einer meiner früheren Arbeiten zu ersehen ist. Die Ursache dieser größeren oder geringeren Stabilität der chemischen Indifferenz des Eisens ist mir noch völlig unbekannt, und ich wage nicht einmal eine Vermuthung darüber auszusprechen. Noch habe ich einer Erscheinung zu erwähnen, die zu den sonderbarsten der Chemie gehört, und die ich schon in der Arbeit Herschel's über die Salpetersäure angedeutet finde, ohne daß aber dort die Art und Weise, wie sie veranlaßt werden kann, deutlich beschrieben wäre. Auch sagt erwähnter Naturforscher, daß sie nur bisweilen eintrete, während sie, nach meinen Erfahrungen, nach Belieben hervorgebracht werden kann, sobald man nur bestimmte Bedingungen genau

erfüllt. Auch kann, im Widerspruche mit Herschel's Angaben, die Erscheinung in Salpetersäure stattfinden, die ganz frisch ist und noch zu keinem andern Zwecke, z. B. zum Hervorrufen der chemischen Indifferenz des Eisens, gedient hat; und es ist das Eintreten der fraglichen Erscheinung keinesweges nur von der Beschaffenheit der Säure, sondern auch von einem bestimmten Zustande des Eisens abhängig. Doch nun zur näheren Beschreibung des Phänomens selbst. Hat man entweder einen einfachen Eisendraht oder die Enden eines zur Gabel gebogenen, durch wiederholtes Eintauchen in Salpetersäure von 1,35 und einer Temperatur von  $12^{\circ}$  bis  $15^{\circ}$  indifferent gemacht, befinden sich die Gabelenden in dieser Säure, und berührt man, mittelst eines in dieselbe tauchenden Kupfer- oder Messingdrahtes, eines der Drahtenden, so werden, gemäß meiner früheren Angaben, beide gleichzeitig, und zwar, in dem vorliegenden Falle, langsam activ. Diese Thätigkeit ist jedoch nicht, wie man erwarten sollte, eine stetige, sondern sie findet stofsweise statt; mit anderen Worten, es wird unter diesen Umständen der Eisendraht abwechselnd activ und passiv, und dieß geschieht anfänglich in Intervallen von etwa einer Zeitsecunde, welche jedoch im Verlaufe der Action immer kürzer werden, bis endlich die rasche Wirkung eintritt. Das abwechselnde Auftreten und Verschwinden von Gasblasen am Eisendrahte giebt der Erscheinung das Ansehen, als fände in der Flüssigkeit eine intermittirende, von dem Metalle ausgehende Phosphorescenz statt, und als würden die entlang des Eisens sich entwickelnden Gasbläschen von diesem abgestoßen. Eine genauere Beobachtung des Vorganges zeigt jedoch, daß weder das Eine noch das Andere geschieht. Hie und da ereignet es sich, daß, nach einer gewissen Anzahl solcher Stofswirkungen, der Eisendraht in den Zustand vollkommener Indifferenz zurücktritt, welcher Zustand jedoch immer wieder aufgehoben wird, wenn man das Eisen innerhalb der Säure

mit einem Messing, oder Kupferdrahte berührt <sup>1)</sup>). Sehr häufig zeigt sich aber beim Eisendraht die Tendenz zum Rückfall in die Indifferenz so stark, daß die stofsweise Thätigkeit nur dadurch unterhalten werden kann, daß man das Eisen in fortwährender Berührung mit einem Messingdraht erhält.

Veranlaßt man in der nämlichen Säure an mehreren unter einander nicht verbundenen Drähte gedachte Pulsationserscheinung, so finden an denselben die Stöße nicht ganz gleichzeitig statt, immer erfolgen sie an dem einen Draht rascher als an dem andern, jedoch ist die Differenz nie sehr groß; bringt man aber die Drähte entweder innerhalb oder außerhalb der Säure in leitende Verbindung untereinander, so finden in dem ganzen Drahtsysteme die Pulsationen haarscharf gleichzeitig statt, und tritt dauernde Indifferenz an einem Drahte ein, so erfolgt dieselbe in dem nämlichen Augenblick an allen übrigen Drähten, wie groß deren Anzahl auch seyn mag. Hinsichtlich der Umstände, welche dahin streben, die beschriebene Erscheinung zu verhindern und eine stetige chemische Thätigkeit einzuleiten, haben mir meine Untersuchungen gezeigt, daß Temperatur und Wassergehalt der Säure von entscheidendem Einflusse sind. Wendet man z. B. eine Säure von 1,35 an, und erwärmt dieselbe nach und nach, so tritt die Erscheinung um so schwieriger ein, je höher der Wärmegrad geht, auch erfolgen die Pulsationen mit Steigerung der Temperatur immer schneller auf einander, bis endlich bei einem bestimmten Wärmegrad der Säure, den ich aber noch nicht genau ausgemittelt habe, die rasche Wirkung eintritt, die immer eine stetige ist. Die oben angeführte Thatsache, daß die Stofsthätigkeit nach und nach von selbst, d. h. ohne

1) Ich gebe diesen vor einem Eisendrahte den Vorzug, weil letzterer sehr häufig bei der Berührung mit dem passiven Eisen selbst in diesen Zustand versetzt wird, und dadurch die beabsichtigte Wirkung versagt.

künstliche Erwärmung in die stetig rasche übergeht, erklärt nach eben Gesagtem sich sehr leicht; bei jedesmaliger Einwirkung der Säure auf das Eisen wird eine gewisse Menge von Wärme entwickelt, somit die Temperatur der Säure im Verhältniß der Anzahl stattgehabter Einwirkungen oder Stöße gesteigert, bis sie endlich den Wärmegrad erreicht hat, welcher die rasche Einwirkung veranlaßt. Ein beachtenswerther Umstand ist, daß diese immer an der Oberfläche der Säure und nie unterhalb derselben beginnt, was wohl nicht aus einer Verschiedenheit der Temperatur der verschiedenen Flüssigkeitsschichten erklärt werden kann. Was nun die das fragliche Pulsiren aufhebende Wirkung des Wassers betrifft, so läßt sich diese leicht nachweisen. Läßt man z. B. in die Säure, worin ein Eisendraht eben pulsirt (ich weiß für diese Erscheinung keinen besseren Ausdruck zu gebrauchen), Wassertropfen fallen, so folgen die Stöße um so schneller auf einander, jemehr Wasser zugesetzt wird, und hat die Säure einen bestimmten Verdünnungsgrad erreicht, der von mir ebenfalls noch nicht genau bestimmt worden ist, so tritt die stetig rasche Wirkung ein, die durch kein Mittel mehr in eine pulsirende umgewandelt werden kann. Ein so sonderbares Phänomen, wie das in Rede stehende, verdient gewiß alle Beachtung der Chemiker. Nach dem dermaligen Stande unserer chemischen Theorien möchte es aber schwer, wo nicht unmöglich seyn, eine nur plausible, geschweige eine genügende Erklärung darüber zu geben, wie es komme, daß die Affinität des Eisens zum Sauerstoffe in dem Augenblicke wirksam, in dem andern unthätig sey, ihre Thätigkeit wiederkehre und wieder verschwinde; während doch die aus bekannten Umständen, unter welchen sich das Eisen befindet, von der Art sind, daß man eine ununterbrochene Auflösung und Oxydation desselben erwarten sollte. Ich habe alle Ursache anzunehmen, daß bei gleichbleibender Säure, gleichbleibend

sowohl in Bezug auf ihren Wassergehalt, als auf ihre Temperatur, die erfolgenden Pulsationen an Eisen eben vollkommen isochron seyn würden, als dieß die Schwingungen eines Pendels sind; was, wenn obige Annahme nicht ungegründet ist, bewiese, daß an der Oberfläche des von der Säure umgebenen Metalles gleichzeitige Wechsel entgegengesetzter Zustände eintreten, oder wenn man lieber will, daß in den, diese Oberfläche constituirenden Theilchen, unter den angegebenen Umständen, irgend eine Art isochroner Vibrationen stattfindet, deren Wirkung unmittelbar in dem regelmäßigen Wechsel chemischer Thätigkeit und Indifferenz sich äußert.

**XXI. *Versuche über die Netzbarkeit der Oberflächen verschiedener Körper; von F. Degen in Stuttgart.***

Bei der Wiederholung der Versuche von Faraday über die Eigenschaften des Platins, auf seiner Oberfläche Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser zu verbinden, fielen mir einige Erscheinungen auf, die mich veranlaßten, zu untersuchen, unter welchen Umständen die Oberflächen der Körper die Eigenschaft erhalten, vom Wasser und einigen anderen Flüssigkeiten leicht genezt zu werden, unter welchen sie diese Eigenschaft verlieren, und in welchem Zusammenhang der verschiedene Zustand des Platins in Beziehung auf Netzbarkeit mit seiner Eigenschaft steht, aus Knallgas Wasser zu bilden.

Hr. Prof. Magnus hatte die Güte mir zu gestatten, einige dieser Versuche unter seiner gefälligen Mitwirkung in seinem Laboratorium zu machen.

Zustand der Oberfläche von Körpern, die vom Wasser nicht genezt werden.

Die meisten festen Körper, welche eine glatte Oberfläche haben, werden, wenn sie sich einige Zeit an der



Luft befunden haben, vom Wasser nicht genetzt, dieses zieht sich auf ihrer Oberfläche in Tropfen zusammen, wenn sie nach dem Eintauchen herausgenommen werden, und kann durch Schlagen fast ganz entfernt werden. Wiederholte Versuche zeigten mir, daß Glas und Platin, deren Oberflächen vollkommen rein sind, oft selbst von verdünnter und concentrirter Schwefelsäure nicht vollständig genetzt werden, und eben so wenig von Kalilösungen von verschiedenen Graden der Concentration. Zuweilen geschah es aber doch, daß die Oberfläche von Glasröhren und Platinblechen nach dem Eintauchen in concentrirte Schwefelsäure sich vollständig damit überzogen zeigte. Wurden sie dann, noch mit der Säure benetzt, in reines Wasser gebracht und darin herumbewegt, so zog sich dasselbe bei dem Herausnehmen mit Säure in Tropfen zusammen. Gerade so verhielten sich Platinbleche, die, von Kalilösung genetzt, mit Wasser gewaschen wurden. Von Aether und Alkohol wurde durch Wasser nicht netzbares Platin und Glas vollständig genetzt. Das Wasser, mit dem diese Flüssigkeiten fortgewaschen wurden, zog sich aber auch immer in Tropfen zusammen. Eine gut polirte Kupferplatte läßt sich auf einige Augenblicke mit concentrirter Schwefelsäure oder Kalilauge netzen, und dann die ganze anhängende Flüssigkeit mit der Spritzflasche wegspritzen, so daß nur noch einige Tropfen hängen bleiben, der größte Theil der Fläche aber ganz trocken ist. — Daß die Oberfläche der glatten Körper von Körpern sehr verschiedener Natur und entgegengesetzten chemischen Charakters, wie Kali und Schwefelsäure, entweder gar nicht genetzt wird, oder, wenn dieses der Fall ist, sich nach dem Abwaschen derselben in unveränderter Beschaffenheit, was die Netzbarkeit durch Wasser betrifft, zeigt, scheint zu beweisen, daß der Widerstand gegen Netzung nicht in einem Ueberzug aus einer festen Substanz (einem Schmutz) bestehe, der doch gegen eine der probirten Flüssigkeiten Anzie-



hung zeigen müßte, wohl aber könnte das ganze Verhalten von anhängender Luft herrühren.

Neu entstandene Flächen an Körpern scheinen immer vollständig von Wasser genetzt zu werden, wenigstens zeigten sich verschiedene Arten von Schlacken, welche unter Wasser zerschlagen wurden, auf den neu entstandenen Bruchflächen immer ganz befeuchtet, während sich auf den älteren Flächen derselben das Wasser beim Herausnehmen immer in Tropfen zusammenzog.

Mittel die Netzbarkeit der Flächen herzustellen.

Durch Erhitzen können die Körper vollkommen netzbar gemacht werden, zuweilen ist hiezu Glühhitze erforderlich, oft bloß eine Temperaturerhöhung von einigen hundert Graden. Platinplättchen wurden geglüht und noch heiß in Wasser getaucht. Sie wurden dann immer vollständig genetzt; auch wenn sie sogleich nach dem Erkalten eingetaucht wurden, verbreitete sich das Wasser fast immer gleichförmig auf ihrer Oberfläche. Uhrgläser, die vor dem Glühen gar nicht genetzt wurden, wurden immer befeuchtet, wenn sie sogleich nach dem Erkalten in Wasser getaucht wurden. Eben so verhielt sich ein Plättchen von reinem Silber, Platinplättchen wurden heiß in Quecksilber getaucht, bei dem Herausziehen blieb Quecksilber daran hängen, welches sich ziemlich gleichförmig auf ihrer Oberfläche verbreitet zeigte; doch war die Fläche nicht amalgamirt, denn das Quecksilber liefs sich durch Abwischen mit Papier wieder hinwegnehmen. Es wurde noch auf andere Weise versucht den Zustand der Netzbarkeit bei Körpern hervorzubringen. Wenn anhängende Luft der Grund ist, daß Körper nicht genetzt werden, so war anzunehmen, daß durch Aufheben des Luftdrucks diese Luft vielleicht entfernt werden könnte. Es wurde daher ein nicht netzbares Platinblech und ein in eben dem Zustand befindliches Uhrglas unter die Glocke der Luftpumpe ge-

bracht, und die Luft so weit verdünnt, daß ihr Druck nur noch eine Par. Linie betrug. Als nach 48 Stunden diese Körper herausgenommen wurden, konnte sie aber das Wasser noch nicht befeuchten. In Wasser getauchtes Platin wurde unter die Glocke gebracht und das Wasser durch Auspumpen der Luft einige Zeit lang im Kochen erhalten. Als hierauf das Platin aus dem Wasser genommen wurde, zog sich das, was von diesem daran hängen blieb, doch wieder in Tröpfchen zusammen. Es scheint also, daß wenn die Luft die die Netzung verhin- dernde Ursache ist, die Quantität derselben auf der Ober- fläche sich nicht in dem Verhältniß vermindert, in wel- chem der äußere Druck abnimmt. Ferner wurde durch ein Platinblech, welches nicht genetzt wurde, eine stark geladene Leidner Flasche entladen; es erhielt aber auch hiedurch keine Netzbarkeit. Umgekehrt verlor aber auch netzbares Platin durch Hindurchleiten eines elektrischen Schläges die Eigenschaft, befeuchtet zu werden, nicht.

Umstände, unter denen die Netzbarkeit verloren geht.

Liegen Körper, deren Oberflächen vom Wasser und anderen Flüssigkeiten leicht benetzt werden, einige Zeit lang an der Luft, so verlieren sie diese Eigenschaft. Die Zeit, in der dieses geschieht, ist sehr verschieden. Bei Platin, besonders wenn es sehr gut polirt ist, tritt es oft schon einige Minuten nach dem Erkalten ein, gewöhnlich aber erst nach Stunden oder Tagen. Bei Glas ist oft nach zwei Tagen die Befeuchtbarkeit nicht verloren ge- gangen.

Eine netzbare Fläche kann sogleich in eine nicht netzbare verwandelt werden, indem man sie mit einem Stück Zeug oder Papier abreibt. Daß auch hier nicht eine Beschmutzung der Grund der Veränderung sey, scheint daraus hervorzugehen, daß das Glas durch das Abreiben nichts an seinem Glanz und seiner Durchsichtigkeit ver- liert, und eben so der Glanz des Platins nicht vermin-

dert wird. Auch gelingt der Versuch vollkommen mit frischem Filtrirpapier, das aus der Mitte eines Buchs herausgenommen wird, und von dem anzunehmen ist, dafs es nie auf seiner ganzen Fläche mit der Hand berührt wurde.

Auch durch Reiben mit harten Körpern kann den Flächen oft die Netzbarkeit benommen werden. Es wurde z. B. ein Plättchen aus reinem Silber geglüht, so dafs es netzbar war. Als es kurz nach dem Erkalten mit einem kurz vorher geglühten, aber wieder abgekühlten Glasstab stark gerieben wurde, so dafs es Politur annahm, so zeigte es sich kaum netzbar. Noch vollständiger ging die Eigenschaft, genetzt zu werden, verloren, wenn der Glasstab, nach dem Glühen und Erkalten, vor dem Reiben des Silberplättchens mit Papier abgewischt wurde.

Um einen weiteren Versuch darüber anzustellen, ob Verdichtung von Luft auf einer Fläche der Grund des Mangels an Netzbarkeit sey, wurde Platinschwamm nach dem Glühen in ganz trockner Luft liegen gelassen; die Gewichtszunahme betrug aber, in Uebereinstimmung mit früheren Versuchen von Anderen, in zwei Tagen kaum 1 Milligramm auf 8 Gramm Schwamm. Platinschwamm, Kieselerde und Talkerde, die in Platinfolie geglüht und unter Quecksilber abgekühlt wurden, bewirkten in trockner Luft nach zwei Tagen eine kaum merkliche Volumenverminderung derselben, wenn Temperatur und Druck berücksichtigt wurden. Die Quantität der auf Oberflächen verdichteten Luft ist also in jedem Fall höchst gering.

---

Es ist merkwürdig, dafs Körper, trotz einer kleinen Quantität Wasser, das an ihrer Oberfläche adhärirte, doch die Eigenschaft haben können, nicht genetzt zu werden, was aus folgendem Versuch hervorzugehen scheint. Mehrere Glasröhren, die längere Zeit unberührt in der Luft gelegen hatten, wurden, nachdem sie durch gelindes Ab-

wischen von dem etwa anhängenden Staub befreit waren, mit einem geladenen Elektroskop in Berührung gebracht. Sie entladeten dieses sehr leicht, indem sie seine Elektrizität in der Hand abführten. Als sie hierauf in Wasser getaucht wurden, blieb nach dem Herausnehmen nur wenig daran hängen, und was hängen blieb, zog sich in Tropfen zusammen. Hierauf erhitzt und dann erkalten gelassen, wobei sie das ursprünglich adhärende Wasser verlieren mußten, waren sie nicht mehr im Stande, das Elektroskop zu entladen, obgleich sie dann von dem Wasser vollkommen genetzt wurden.

Um zu finden, welche Wirkung der verschiedene Zustand der Oberflächen auf Knallgas äußere, wurden, nach der Angabe von Faraday, zwei Platinbleche mit kaustischem Kali und Schwefelsäure gereinigt. Das erste bewirkte dann, in das Gasmeng gebracht, in 20 Minuten eine Condensation, die in dem Glöckchen ein Steigen des Wassers um 5 Linien zur Folge hatte. Das zweite brachte in derselben Zeit das Wasser zu einem Steigen von  $5\frac{1}{2}$  Linien. Nachdem beide hierauf abgewischt und in das Gas zurückgebracht waren, bewirkte das erste ein Steigen von  $2\frac{1}{2}$  Linien und das zweite von 1 Linie in 20 Minuten. Es wurden nun beide über einer Weingeistlampe erhitzt, das erste nicht bis zum Glühen, das zweite bis zu schwachem Glühen; bei jenem betrug nun das Steigen in 20 Minuten 7 Linien, bei diesem 3 Linien. Es kann also durch Abwischen die condensirende Kraft vermindert und durch Erhitzen gesteigert werden.

Da man die wasserbildende Eigenschaft des Platins durch eine starke Verdichtung des Knallgases auf der Oberfläche dieses Metalls zu erklären versucht hat, so schien es mir nicht ohne Interesse zu prüfen, wie sich das Knallgas unter sehr hohem Druck verhalte, indem der stärkste Druck, den meines Wissens dieses Gemisch ausgesetzt wurde, 50 Atmosphären beträgt. Zu dem Ende

schmolz ich in eine starke Glasröhre zwei Platindrähte ein, füllte dieselbe fast ganz mit Wasser, dem etwas Schwefelsäure zugesetzt war, und brachte in dieselbe ein aus einer dünnen oder verjüngten Röhre bestehendes Manometer. Dann wurde die Röhre durch Zuschmelzen geschlossen. Ich entwickelte nun in diesem Apparat mittelst einer Voltaschen Säule Sauer- und Wasserstoffgas, die sich mischten. Bei einem Versuch zerplatzte die Röhre erst nachdem das Manometer einen Druck von 130 Atmosphären, bei einem zweiten, nachdem es *mehr* als 150 Atmosphären angezeigt hatte. Es wäre denkbar, daß bei so hohem Druck das Manometer deswegen zu viel zeigte, weil etwas von der in ihm befindlichen Luft durch das zunächst befindliche Wasser absorbiert werden könnte. Daß dieses aber nicht der Fall war, ging daraus hervor, daß ein sehr kleines Luftbläschen, das die Wassersäule in dem Manometer unterbrach, nie verschluckt wurde. In dem Augenblick des Zerspringens wurde die Röhre bei beiden Versuchen nicht beobachtet, da dieselben ziemlich lange dauerten. Es ist also unentschieden, ob das Zerspringen eine Folge des Entzündens des Gases oder bloß des Drucks war. Jedenfalls scheinen aber die Versuche zu beweisen, daß bei 150 Atmosphären Druck noch keine Wasserbildung stattfindet.

---

## XXII. *Weitere vorläufige Nachrichten über fossile Infusorien; von C. G. Ehrenberg.*

(Nach einer neueren Mittheilung in der Berliner Academie der Wissenschaften.)

---

Daß der Polirschiefer von Bilin in Böhmen, welcher ein Glied der Tertiärformation ist, zum großen Theil ohne alles fremdartige Cäment aus den Kieselpanzern der *Gaillonella distans* und einiger anderen Infusorien be-

steht, ist als ein völlig sicheres Factum mitgetheilt worden. Die geologisch zwar weniger interessanten neueren Kieselguhre und das Bergmehl von Santafiora, welche aber aus noch größeren Infusorien - Schalen bestehen, eignen sich noch mehr als der Polirschiefer, dessen sehr kleine Thierchen eine starke und helle Vergrößerung verlangen, diese organischen Verhältnisse zu klarer Anschauung und Ueberzeugung zu bringen. Die gütigen Bemühungen und Mittheilungen Hrn. Alexander von Humboldt's, welcher kürzlich auf seiner Reise nach Teplitz die Biliner Gegend besuchte, und zwei sehr reichhaltige Sammlungen der dortigen Stein- und Gebirgsmassen in den verschiedensten Zuständen mir übersandte, haben neues Material zu den fortgesetzten Untersuchungen geliefert, welche auch neue und reiche Ausbeute gaben.

Ehe ich von dieser, als der, wie es scheint, merkwürdigsten Ausbeute spreche, erwähne ich, daß eine Untersuchung des Planitzer Polirschiefers (wovon ich durch die freundliche Vermittlung des Hrn. Weifs und durch die gütige Liberalität des Hrn. Freiesleben in Freiberg ein, rücksichtlich des Fundortes ganz sicheres, Stück untersuchen konnte) nun mit Sicherheit ergeben hat, daß auch das dortige Lager eine Anhäufung von Infusorienschalen ist. Zwar gleicht das untersuchte Stück dem Biliner Saugschiefer, und die Infusorienschalen derselben *Gaillonella distans* sind darin durch ein Kiesel-Cäment erfüllt und verbunden, was die Deutlichkeit ihrer Form etwas stört; allein ich habe einzelne so deutlich gesehen, daß ich die völlige Ueberzeugung gleichen Verhaltens besitze. Wahrscheinlich giebt es auch dort eine mehr erdige, dem lockeren Polirschiefer ähnliche Form dieses Gesteins, dessen Theile die unveränderte *Gaillonella distans* als Hauptmasse bildet.

Ganz besonders interessant war ein Stück des Caseler Polirschiefers, welches mir Hr. Carus aus Dresden

gütigst überschickte, und worin er auch organische Formen erkannt hatte. Von demselben Fundorte fanden sich auch auf dem Königlichen mineralogischen Museum einige Stücke mit Fischversteinerungen des *Leuciscus papyraceus*. Ganz neuerlich habe ich noch durch die Güte des Hrn. Keferstein in Halle ebenfalls Proben des Casseler Gesteins von Habichtswalde untersuchen können. Dieser Casseler Polirschiefer enthält sieben verschiedene Arten von Panzer-Infusorien, zwischen denen eine lockere, meist kieselige Cämentmasse befindlich ist, die sich nicht deutlich ganz auf organische Fragmente reduciren läßt. Das besonders Merkwürdige dabei ist, daß, während im Biliner und Planitzer Polirschiefer sich meist Formen befinden, die entweder ausgestorben oder noch nicht aufgefunden sind, während auch die, den noch lebenden ähnlichen Formen gerade solchen angehören, die nicht sehr ausgezeichnet, daher auch weniger sicher für die Ermittlung der Identität sind, so finden sich im Casseler Polirschiefer zwei der ausgezeichnetsten jetzt lebenden Formen wohl unwiderleglich vor. Ich erkenne als solche *Gaillonella varians* und *Navicula viridis*. Auch *Nav. striatula* scheint darunter zu seyn. *Gaillonella varians* und *Nav. viridis* kommen gleichzeitig im Tertiärgebilde von Cassel und im Bergmehl von Santa Fiora vor, und diese haben auch eine der *Navic. Follis* verwandte Form gemein. Aufser 1) *Gaillonella varians*, 2) *Navicula viridis*, 3) *Nav. striatula*? 4) *Nav. Cruz* (cfr. *N. Follis adulta*) fand ich im Casseler Gestein bisher noch: 5) *Nav. fulva juv.*? 6) *Nav. gracilis*? und 7) *Nav. Carin. sp.*, drei weniger ausgezeichnete Arten, deren letzte aber sehr zahlreich und mir unbekannt ist.

Nächst diesen erkannten Verbreitungs-Verhältnissen des Infusorien-Schiefers als Polirschiefer ist nun besonders die reiche Sendung Hrn. von Humboldt's aus Bilin und dem Luschitzer Thale die Veranlassung sehr glücklicher Forschungen geworden. Es besteht dieselbe aus

einer kleineren Sammlung Biliner Steinarten vom Hrn. Dr. Stolz in Bilin, und aus einer gröfseren vom Hrn. Dr. Reufs, so wie aus vielen von Hrn. von Humboldt gebrochenen Stücken. Eine sorgfältige geognostische Federzeichnung des Hrn. Dr. Reufs verdeutlicht die Lagerung der dortigen Felsmassen.

Der Biliner Infusorien-Fels bildet auf dem vom Wasserspiegel des Flüsßchens Biela etwa 300 Fufs erhabenen Tripelberge (welcher vom Kritschelberge, mit dem er früher verwechselt worden, verschieden ist) das oberste Lager von 14 Fufs Mächtigkeit. Er ruht auf einem Thonlager, welches auf Kreidemergel aufliegt. Unter beiden findet sich als Basis aller dortigen Steinarten Gneus. Die oberen Gesteinmassen lagern sich westlich vom Tripelberge an einen Basalt-Durchbruch, der den Spitalberg bildet, und auf dessen anderer Seite (westlich) Grobkalk mit vielen erkennbaren Versteinerungen kleiner kalkiger Seethiere (vieler Crinoideen) auf dem Gneuse lagert.

Im Polirschiefer liegen die festeren Massen (Saug-schiefer und Halbopal) mehr oberhalb nach aufsen, die erdigen unterhalb, oft ohne Ordnung durch einander, die unteren fast horizontal geschichtet.

Die auf den Saugschiefer und den Halbopal, dessen zahlreiche Uebergänge zur Disposition vorlagen, gelenkte besondere Aufmerksamkeit hat nun das schon kaum unerwartete Resultat ergeben, dafs sowohl jener als diese mit den Infusorien ebenfalls in der engsten Verbindung sind. — Der Saugschiefer ist, den mikroskopischen Untersuchungen zufolge, offenbar nur ein Polirschiefer, dessen Infusorienschalen durch formlose Kieselmasse verbunden (cämentirt) und so erfüllt sind, wie es leere und volle fossile Muschelschalen giebt. Dieses Verhältnifs bedingt seine gröfsere specifische Schwere und all seine übrigen Charaktere. Im allmäligen Uebergange zu den Halbopalen sieht man wie die Cämentmasse auf Kosten



der Infusorienschalen zugenommen und die kleinen Schalen an Menge und Schärfe der Umrisse abgenommen haben.

Die Bildung des Halbopals im Polirschiefer erscheint so, daß er bei den unmerklichsten Uebergängen aus Saugschiefer knollenartig in diesen eingesenkt liegt. Eine genaue mikroskopische Analyse der verschiedensten Halbopale von Bilin und dem nahen Luschitzer Thale hat erkennen lassen, daß all diese, zuweilen den Feuersteinen an Härte gleichenden und Funken gebenden Steinknollen theils ganz aus durch ein geringes durchsichtiges Kiesel-Cäment vereinigten Infusorien bestehen, theils auch nur größere Infusorienformen einzeln so in sich eingeschlossen führen, wie Bernstein die Insecten. Oft läßt sich auf das Deutlichste erkennen, daß die Schichten des Polirschiefers weder durch seine Umwandlung in Saugschiefer (Cämentirung und Durchdringung von formloser Kieselmasse), noch durch die Umwandlung in Halbopal anders verändert worden sind, als daß irgend etwas einen Theil der Infusorienschalen, besonders die feineren, anfrass oder auflöste, und damit einen andern Theil, besonders die größeren Formen, unverändert einhüllte. Bei diesem Processe ist die Schichtung genau so sichtbar geblieben, wie sie im Polirschiefer zuvor war, und sie bildet die Streifen des Halbopals. Die weißen, weniger durchsichtigen Streifen sind meist noch wohl erhaltene Lagen von Infusorien. Es hat mithin wohl ein Auflösungsmittel auf die Kieselschalen so eingewirkt, wie Wassertropfen oder Dämpfe auf eine Mehlmasse. Die davon berührten Theile sind rubig durchdrungen, zum Theil allmählig wohl aufgelöst und in Opalmasse verwandelt worden, oder die an sich keinen bedeutenden Raum einnehmende, eingedrungene, Opal erzeugende Materie hat sich einen mehr oder weniger großen Theil der leeren Kieselschalen assimilirt. Der wahre Holzopal, in welchem die Holzsubstanz in Opal verwandelt ist, macht die An-

sicht wahrscheinlich, daß eine besondere Opalmasse die in Fäulniß lösliche Holzsubstanz mit Beibehaltung der Form verdrängt hat. Ein Verdrängen der ihren Raum erfüllenden Kieselpanzermasse durch Opalmasse ist nicht so denkbar, daher scheint die Vorstellung anwendbar zu seyn, daß der Opal sich vielleicht durch bloßes Wasser oder ein anderes, nicht flusssaures Lösungsmittel aus Kiesel-Infusorien so bilde, wie der Teig aus Mehl. Ungekneteter Teig hat Mehlstreifen, Halbopal oft Infusorienstreifen in sich. Hydrate sind beide.

In den Halbopalen von Bilin und dem Luschitzer Thale lassen sich als eingeschlossene Körper, den Insecten im Bernstein gleich, erkennen: 1) *Gaillonella distans*, 2) *G. varians*, besonders die größeren Individuen, 3) *G. ferruginea*, 4) Kieselspindeln von *Spongien*. Erstere ist meistens ganz aufgelöst, zuweilen aber noch als Hauptmasse im Umriss etwas abgestumpft erhalten, obschon das Bindemittel ganz glasig erscheint. Die zweite ist meist, im Umriss abgestumpft, deutlich erhalten. Die dritte ist zuweilen in den ledergelben Exemplaren schön erhalten, gehört aber, ihrer Kleinheit halber, nicht zu den entscheidenden. Nicht unwichtig dürfte gerade die letztere, welche sich vielleicht an feuchten Stellen in den schon gebildeten Polirschiefer hineinbildete, rücksichtlich der Frage über das Einwirken vulkanischer Processe seyn. Glühte ich diese gelben Halbopale, so wurden sie roth und verhielten sich wie Eisen. Das Rothe waren die Gliederfäden der *Gaillonella*. An der Luft konnten sie also wohl nicht schon geglüht gewesen seyn. Die ruhige horizontale Schichtung des Polirschiefers (vielleicht eine Art Jahres- oder Perioden-Tafeln für die Ablagerung) spricht ebenfalls für neptunische Einwirkung. Zur Reinigung konnten heiße Dämpfe vulkanischer Nachbarschaft ohne wirkliches Feuer viel beitragen.

Diese organischen Verhältnisse haben sich an den Biliner Halbopalen über allen Zweifel erheben lassen.

Sehr ähnliche Bildungen mit eingeschlossenen, den organischen verwandten Formen zeigten aber auch die Halbopale von Champigny, die aus dem Dolerit von Steinheim bei Hanau, und die aus der Serpentinbildung von Kosemitz in Schlesien. Die in diese Steine eingeschlossenen sehr deutlichen kugelförmigen mikroskopischen, *nie gröfseren* Körper, welche am Kosemitzer Halbopal oder Hornstein auch als ein weisses Mehl äußerlich ansitzen, und innere Blasen erfüllen, könnten zum Theil zur noch jetzt lebenden Gattung *Pyxidicula* gehören. Sie verhalten sich ganz anders als die stalactitischen Säulchen, welche die runden Augen im Achat hervorbringen.

Es war sehr natürlich, dafs ich nun die schon oft von mir untersuchten Feuersteine der Kreide nochmals prüfte. Es geschah dießmal mit mehr Intensität, und daher mit mehr Erfolg. Die schwarzen und in kleinen Theilen durchsichtigen Feuersteine zeigen keine deutlichen Spuren eines Einschlusses den organischen ähnlicher mikroskopischer Körper, wohl aber sieht man dergleichen viel in den undurchsichtigen weifßlichen und gelblichen. Die seltneren horizontal gestreiften Exemplare verhalten sich den gestreiften Halbopalern sehr ähnlich. Alle enthalten oft spindel- und kugelförmige, zuweilen mit einer Oeffnung, die kaum eine optische Erscheinung seyn kann, versehene Körper, welche frei in eine durchsichtige Kieselmasse eingehüllt sind. Zuweilen sieht man in letzteren, wie bei *Gaillonella varians* von Cassel, radienartige Streifen vom durchbrochenen Centrum zur Peripherie gehen, und ziemlich deutlich eine besonders begränzte Schale. Die kreideartige Hülle und weisse Schale der Feuersteine braust, wie ich auch mich überzeugt habe, nicht mit Säuren, ist nicht Kreide, sondern Kieselerde, scheint auch nicht durch Verwittern zu entstehen, sondern verhält sich wie die Mehrlinde um einen Teigklumpen, das heifst sie ist diejenige Lage von Kieselmehl (deutlichen Organismen), welche bei der Bildung des Feuersteins von

der auflösenden oder verändernden Flüssigkeit nur berührt, noch nicht vollständig durchdrungen wurde. Es liegt demnach wohl nahe, daß die Feuersteine der Kreide sich auf eine sehr ähnliche Weise bildeten wie die Halbopale des Polirschiefers. Die Kieseltheile der Kreide werden sich, wie man es an den verschiedenen Bestandtheilen hoher, senkrecht abgeschnittener Schutberge sieht, wo sich die an Schwere gleichartigen Dinge, Mörtel, Porcellanscherben, Knochen u. dgl., jedes für sich, allmählig in horizontalen Schichten zusammenfinden, ihrer Eigenschwere halber allmählig an gewissen Stellen anhäufen und Lager von Kiesel-Bergmehl in der Kreide bilden. Drang nun eine auflösende elastische oder tropfbare Flüssigkeit ein, so mußten sich jene Knollen auch in horizontalen Schichten und Nestern bilden, die schon so viel die specielle Aufmerksamkeit der Geologie auf sich gezogen haben, und wovon einige wohl zuweilen die Form von Holothurien und Corallen besitzen, deren große Mehrzahl aber theils des enormen Volumens, theils ihrer ganz unbestimmten Form halber für diese Deutung doch große Schwierigkeit geben. Einige andere neue Thatsachen über die mikroskopischen sehr regelmäßigen Verhältnisse der Kreide und Porcellanerde berühre ich in einer folgenden besonderen kurzen Anzeige <sup>1)</sup>. Im Menilit sieht man die Knollenbildung von einer eingedrungenen, an sich fast keinen Raum einnehmenden Substanz, ohne Veränderung der Schichten der Grundmasse, besonders recht schön.

Endlich erwähne ich noch die Untersuchung des Edelopals von Kaschau. In einigen Fragmenten, sowohl des gemeinen Serpentin-Opals von Kosemitz, als des edlen Porphyr-Opals von Kaschau, sah ich ebenfalls eingeschlossene runde Körper, denen im Feuersteine gleich, die größte Masse aber war innen homogen. Ich untersuchte dann das Muttergestein des Edelopals, und fand, daß

1) Man wird sie im Heft 9 dieses Jahrgangs finden.

eine steinmarkartige Masse die Knollen immer unmittelbar umgiebt. Dieses Steinmark von Kaschau hat aber unter dem Mikroskop große Aehnlichkeit mit der *Gailonella distans*, wie sie im Saugschiefer von Bilin vorhanden ist. Ich habe des Auffallenden der Primärformation halber diese und die ähnlichen Erscheinungen oft wiederholt geprüft und verglichen, und ziehe vor es auszusprechen, als es zu verschweigen, werde aber die Untersuchungen mit strenger Prüfung noch fortsetzen, und die Resultate, gleichviel wohin sie die Aussicht öffnen mögen, wenn sie eine gewisse Reife erlangt haben, weiter mittheilen.

Jemehr die zum Theil alten, zum Theil neuen Sätze

*Omnis Calx e vermibus*

*Omnis Silex e vermibus*

*Omne Ferrum e vermibus*

Wahrscheinlichkeit gewinnen könnten, desto nöthiger ist es durch immer strengere Prüfung, welche freilich nicht das Werk einiger Tage seyn kann, die Thatsachen von den Meinungen zu trennen, und erstere nicht durch Wolken zu umhüllen, sondern durch bedachtsame Beobachtung in den wahrscheinlich erreichbaren Gränzen zu umschreiten, welche die Natur ihnen angewiesen hat.

Als bisher ermittelte sichere Thatsachen sind anzusehen:

1) Bergnehl } Neueste Formation

2) Kieselguhr }

3) Polirschiefer

4) Saugschiefer

5) Die Halbpale des Polirschiefers

} Tertiärgebilde.

bestehen ganz oder zum Theil aus den Schalen von Panzer-Infusorien

Als *sehr wahrscheinlich* sich eben so verhaltende Steinarten sind erkannt worden:

- |                                                 |                                |
|-------------------------------------------------|--------------------------------|
| 6) Die Halbpale des Dolerits                    | } Secundär- und Primärgebilde. |
| 7) Die (Edel-) Opale des Porphyrs               |                                |
| 8) Die Feuersteine der Kreide                   |                                |
| 9) Die Gelberde                                 | } Neueste Bildung.             |
| 10) Der Raseneisenstein                         |                                |
| 11) Gewisse Arten von Steinmark <sup>1)</sup> . |                                |

### Berichtigung.

In der ersten Nachricht über die fossilen Infusorien in diesen Annalen, S. 225 dieses Bandes, ist statt  $3\frac{1}{2}$  Quentchen oder 270 Gran zu lesen  $3\frac{1}{2}$  Quentchen oder 220 Gran.

### XXIII. *Galvanische Combinationen; von Dr. Wilhelm Delffs in Kiel.*

Um die relativen Gröfsen der elektrischen Spannungen zu berechnen, welche heterogene Metalle bei ihrer Berührung erlangen, müssen erstens die *Spannungsunterschiede* je zweier sich berührenden Metalle, und zweitens die *Ableitungsgröfsen* derselben, d. h. die relativen Gröfsen der Oberflächen, welche zu beiden Seiten der Punkte liegen, wo Elektromotion stattfindet, bekannt seyn; da der Spannungsunterschied für sich nur ein Maafs für die, zwei

- 1) Die Untersuchung eines Geschiebes der Mark, welche als *Schwimmstein* angesehen worden (vergl. Klöden, geognost. Beitr. 1834, S. 30) hat mich ganz neuerlich belehrt, daß ihre Hauptmasse aus gerade solchen freiliegenden Kieselspindeln von Schwämmen (*Spongien*) und den kleinen Kugeln (Infusorien, *Pyxidiculis*?) besteht, welche die Feuersteingeschiebe der Mark in sich zahlreich einschließen. Eben diese Körper liegen in dem Mehl der Feuersteinrinde. Es verhält sich also dieser Schwimmstein zum Feuerstein offenbar wie der Polirschiefer zum Halbpal, und er gehört der Kreide an.

zwei Elektromotoren *gemeinschaftlichen*, Spannungen abgiebt, die Ableitungsgrößen hingegen den relativen Antheil bestimmen, welchen jeder einzelne Elektromotor an dem gemeinschaftlichen Spannungsunterschiede hat.

Der elektrische Zustand einer jeden galvanischen Combination aus mehreren, willkürlich gewählten, Metallen ist freilich das Resultat des gleichzeitigen Einflusses aller einzelnen Paare <sup>1)</sup>; um aber die Entstehung dieses Resultats verfolgen zu können, müssen wir nach einander den Einfluß jedes einzelnen Paares unter Berücksichtigung des zugehörigen Spannungsunterschiedes und der Ableitungsgrößen bestimmen. Dies geschieht, wenn so lange, als es sich um den elektromotorischen Einfluß eines einzelnen Paares handelt, alle übrigen Metalle als bloße Ableitungsgrößen dieses Paares betrachtet werden. Die Summe der, für jedes einzelne Metall erhaltenen, Werthe giebt das Endresultat, welches stets so beschaffen seyn muß, daß der Spannungsunterschied jedes einzelnen Paares der Voraussetzung entspricht, und daß die Quantitäten der positiven und negativen Elektricität gleich sind, weil beide durch die elektromotorische Kraft aus dem ursprünglichen Zustand der Indifferenz hervorgerufen werden.

Für alle nachfolgenden Combinationen gilt die Voraussetzung, daß die Oberflächen der durch die Buchstaben *A, B, C* bezeichneten Metalle einander gleich sind, und die Spannungsreihe der Metalle, mit dem am meisten elektropositiven angefangen, der Reihenfolge des Alphabets entspricht.

I. Wenn also der Spannungsunterschied zwischen *A* und *B*  $= \pm 1$  ist, so bezeichnet das Schema:

$$A = +\frac{1}{2}$$

$$B = -\frac{1}{2}$$

1) Paar ist der Kürze wegen für je zwei sich berührende Metalle gesetzt.

die elektrischen Spannungen der einfachsten galvanischen Combination.

II. Wird jetzt die Ableitungsgröße des einen Metalls, z. B. die von  $B$ , verdoppelt, so nimmt die Spannung desselben, vorausgesetzt, daß die elektromotorische Kraft für einen Augenblick unthätig ist, in demselben Verhältniß ab, da die Intensitäten im umgekehrten Verhältniß der Oberflächen stehen, über welche sie verbreitet sind. Aus  $-\frac{1}{2}$  wird also  $-\frac{1}{4}$ . Da der Unterschied der Spannungen beider Metalle jetzt  $= \pm \frac{3}{4}$ , also kleiner ist, als vorausgesetzt wurde, so wird die elektromotorische Kraft zwischen  $A$  und  $B$  aufs Neue so lange thätig werden, bis der Spannungsunterschied wieder  $= \pm 1$  geworden ist. Zu diesem Ende muß noch  $\pm \frac{1}{4}$  zu der Gesamtspannung hinzukommen, welches, da es aus dem elektrischen Null hervorgeht, der Quantität nach zur Hälfte aus positiver, zur Hälfte aus negativer Elektricität besteht. Da aber das negative Metall eine doppelt so große Oberfläche, wie das positive hat, so bringen gleiche Elektricitätsmengen, auf resp.  $A$  und  $B$  vertheilt, Spannungen hervor, die sich wie 2 : 1 verhalten. Demnach wird die Spannung von  $A$  um  $+\frac{1}{2}$ , die von  $B$  um  $-\frac{1}{2}$  vermehrt, so daß das Schema

$$A = +\frac{3}{4}$$

$$2B = -\frac{1}{4}$$

die Größe der Spannungen dieser Combinationen darstellt.

Dasselbe Resultat ergibt sich aus dem allgemeinen Gesetze, daß die Spannungen im umgekehrten Verhältniß der Ableitungsgrößen stehen. Wegen der Uebereinstimmung der Spannungen dieser Combinationen mit denen der nächstfolgenden, durfte die Ableitung derselben hier nicht übergangen werden.

III. Wenn das Metall  $A$  auf zwei Seiten mit dem Metall  $B$  in Berührung gesetzt wird, so daß sowohl zwischen  $B^1$  und  $A$ , als auch zwischen  $A$  und  $B''$  Elektro-



motion stattfindet, und das Verhältniß der Ableitungsgrößen von  $A : B^1 = A : B'' = 2 : 1$  ist, so stellt das Schema

$$\begin{array}{rcc} & a & b & c \\ B^1 & = -\frac{2}{3} + \frac{1}{3} = -\frac{1}{3} \\ A & = +\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = +\frac{2}{3} \\ B'' & = +\frac{1}{3} - \frac{2}{3} = -\frac{1}{3} \end{array}$$

den oben ausgesprochenen Grundsätzen gemäß den Vorgang der Elektromotion dar. Die Spalte *a* enthält nämlich das Resultat der elektromotorischen Kraft zwischen  $B^1$  und  $A$ , während  $B''$  als bloße Ableitungsgröße von  $A$  betrachtet wird, und auf gleiche Weise die Spalte *b* dasselbe für  $A$  und  $B''$ , während  $B^1$  jetzt als Ableitungsgröße zu  $A$  hinzukommt. — In der That ist diese Combination nur dadurch von der zweiten verschieden, daß  $B^1$  und  $B''$  in mehreren Punkten mit  $A$  in Berührung stehen und von einander getrennt sind. Beide Unterschiede sind aber ohne Einfluß auf die Spannungssetzung: der erstere, weil es für die Größe der Spannungen gleichgültig ist, ob beide Metalle sich in einem oder mehreren Punkten berühren; der zweite, weil bei der Berührung gleichartiger Metalle keine elektromotorische Kraft auftritt. In der Praxis würde die dritte Combination sich dadurch auf die zweite zurückführen lassen, daß  $B^1$  mit  $B''$  durch einen gleichartigen dünnen Metalldraht, dessen Oberfläche als Ableitungsgröße außer Acht gelassen werden kann, verbunden wird.

Nach der gewöhnlichen, in den Lehrbüchern ausgesprochenen, Ansicht erhält  $B^1$  in der angeführten Combination gar keine Spannung, obgleich man nicht einsieht, aus welchem Grunde  $B''$  von  $B^1$  bevorzugt seyn sollte. Fechner zeigte schon durch Versuche das Unrichtige dieser Ansicht, nahm aber zur Erklärung unnöthiger Weise seine Zuflucht zu einer condensirten Elektricität. Siehe Fechner's *Lehrbuch des Galvanismus und der Electrochemie*, S. 30.

IV. Fügt man zu der so eben beschriebenen Combination noch  $A'$  hinzu, so daß  $A'$  mit  $B''$  in Berührung kommt, so tritt die elektromotorische Kraft an drei Punkten zwischen  $B^1$  und  $A^1$ ,  $A^1$  und  $B''$ , und  $B''$  und  $A'$  auf, und das Verhältniß der Ableitungsgrößen für diese drei Fälle ist resp. wie 1 : 3, 2 : 2, 3 : 1. Es ergibt sich also das Schema

$$\begin{aligned} B^1 &= -\frac{3}{4} + \frac{2}{4} - \frac{1}{4} = -\frac{1}{2} \\ A^1 &= +\frac{1}{4} + \frac{2}{4} - \frac{1}{4} = +\frac{1}{2} \\ B'' &= +\frac{1}{4} - \frac{2}{4} - \frac{1}{4} = -\frac{1}{2} \\ A' &= +\frac{1}{4} - \frac{2}{4} + \frac{3}{4} = +\frac{1}{2} \end{aligned}$$

welches in dem bereits Gesagten seine Erklärung findet, und darthut, wie die sogenannte Robison'sche Säule zur Verstärkung der Spannungen nichts beitragen kann. Würde hingegen zwischen  $A^1$  und  $B''$  ein feuchter Zwischenleiter eingebracht, und dadurch die elektromotorische Kraft zwischen diesen beiden Metallen aufgehoben, so würde die zweite Spalte wegfallen, und dadurch die letzte folgende Umänderung erleiden

$$\begin{aligned} B^1 &= -\frac{3}{4} \dots - \frac{1}{4} = -1 \\ A^1 &= +\frac{1}{4} \dots - \frac{1}{4} = 0 \\ B'' &= +\frac{1}{4} \dots - \frac{1}{4} = 0 \\ A' &= +\frac{1}{4} \dots + \frac{3}{4} = +1 \end{aligned}$$

welches den Zustand einer an beiden Polen isolirten Volta'schen Säule aus zwei Plattenpaaren bezeichnet. Auf ähnliche Weise läßt sich der elektrische Zustand einer Säule aus einer ungeraden Anzahl von Plattenpaaren, in welcher der Indifferenzpunkt fehlt, so wie der einer mit einem Pol abgeleiteten Säule darstellen. Wir überheben uns jedoch einer weiteren Ausführung, weil hier zunächst nur von galvanischen Combinationen ohne feuchte Zwischenleiter geredet werden soll.

V. Die Combination bestehe aus den drei Metallen  $A$ ,  $B$  und  $C$ , der Spannungsunterschied zwischen  $A$  und  $B$ , so wie zwischen  $B$  und  $C$  sey  $= \pm 1$ ; alsdann ist nach dem Gesetz der galvanischen Spannungsreihe der

Spannungsunterschied zwischen  $A$  und  $C = \pm 2$ . Unter diesen Voraussetzungen folgt:

$$A = +\frac{2}{3} + \frac{1}{3} = +1$$

$$B = -\frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 0$$

$$C = -\frac{1}{3} - \frac{2}{3} = -1$$

Die beiden Endglieder erlangen also bei der vorstehenden Anordnung dieselben *Spannungen*, welche sie bei *unmittelbarer* Berührung erlangt haben würden. Man (z. B. Fechner a. a. O. S. 32) hat diesen Satz auf die Endglieder jeder möglichen Combination ausgedehnt, jedoch mit Unrecht, wie theils schon aus der dritten Combination (indem weder  $B^1$  noch  $B''$  nach diesem Satz eine Spannung hätte erhalten dürfen), theils aus den nachfolgenden Combinationen hervorgeht.

VI. Die Ordnung der drei Metalle  $A$ ,  $B$  und  $C$  werde, unter übrigens denselben, in V. angegebenen Voraussetzungen, dahin abgeändert, daß  $C$  den mittleren Platz einnimmt. Das Schema ist dann folgendes:

$$A = +\frac{4}{3} - \frac{1}{3} = +1$$

$$C = -\frac{2}{3} - \frac{1}{3} = -1$$

$$B = -\frac{2}{3} + \frac{2}{3} = 0.$$

Bei unmittelbarer Berührung von  $A$  und  $B$  würde dieses  $-\frac{1}{2}$ , jenes  $+\frac{1}{2}$  erhalten haben.

VII. Wenn der Spannungsunterschied zwischen  $A$  und  $B = \pm 1$ , zwischen  $B$  und  $C = \pm 2$ , also zwischen  $A$  und  $C = \pm 3$  ist, so folgt bei einer Anordnung der Metalle, wie in V.:

$$A = +\frac{2}{3} + \frac{2}{3} = +\frac{4}{3}$$

$$B = -\frac{1}{3} + \frac{2}{3} = +\frac{1}{3}$$

$$C = -\frac{1}{3} - \frac{4}{3} = -\frac{5}{3}$$

während bei Abwesenheit von  $B$  die Spannung von  $A = +1\frac{1}{2}$ , von  $C = -1\frac{1}{2}$  gewesen seyn würde.

Aus den Combinationen III, VI und VII geht zur Genüge hervor, daß wohl die Art, keineswegs aber die Größe der Spannungen in den Endgliedern einer galvanischen Combination aus beliebigen Metallen in allen Fäl-

len dieselbe ist, welche bei directer Berührung der Endglieder zum Vorschein kommen würde. Dieser Umstand verdient Berücksichtigung bei allen Versuchen, die sich auf den *statischen* Zustand der Elektrizität beziehen. So namentlich bei den Versuchen mit dem Condensator, dessen Ableitungsgröße alsdann mit in Rechnung zu ziehen ist. Um dies an einem Beispiel zu zeigen, möge noch folgender Versuch, welchen Fechner a. a. O. S. 31 beschreibt, erörtert werden.

Dieselbe Combination, von welcher unter III. gezeigt worden ist, daß die Endglieder derselben negative Elektrizität besitzen, wird unmittelbar durch  $B^1$  mit dem Condensator, welcher aus demselben Metall  $B$  verfertigt seyn muß, in Verbindung gesetzt, während  $B''$  entweder isolirt ist oder mit dem Erdboden in leitender Gemeinschaft steht. In beiden Fällen kann der Condensator auf keine merkliche Weise geladen werden. Die beiden nachfolgenden Schemata geben die Größe der Spannungen an, unter der Voraussetzung, daß die virtuelle Ableitungsgröße des Condensators  $=n$  sey, oder die freie Spannung der Collectorplatte im geladenen Zustand sich zu der gebundenen verhalte wie  $\frac{1}{n} : \frac{n-1}{n}$ .

Wenn  $B''$  isolirt ist, so ist das Verhältniß der Ableitungsgrößen von  $B^1 : A = n+1 : 2$ , und von  $A : B'' = n+2 : 1$ . Die elektrische Ladung ist demnach:

$$B^1 = -\frac{2}{n+3} + \frac{1}{n+3} = -\frac{1}{n+3}$$

$$A = +\frac{n+1}{n+3} + \frac{1}{n+3} = +\frac{n+2}{n+3}$$

$$B'' = +\frac{n+1}{n+3} - \frac{n+2}{n+3} = -\frac{1}{n+3}$$

Die freie Spannung der Collectorplatte beträgt also  $-\frac{1}{n+3}$ , welche durch Aufheben der Condensatorplatte

bis auf  $-\frac{n}{n+3}$ , also noch nicht bis auf  $-1$  vermehrt wird.

Wenn  $B'$  mit dem Erdboden in Verbindung steht, so ist das Verhältniß der Ableitungsgrößen von  $B' : A = n+1 : \infty+2$ , und von  $A : B'' = n+2 : \infty+1$ . Es folgt also:

$$B' = -\frac{\infty+2}{\infty+n+3} + \frac{\infty+1}{\infty+n+3} = -\frac{1}{\infty+n+3}$$

$$A = +\frac{n+1}{\infty+n+3} + \frac{\infty+1}{\infty+n+3} = +\frac{\infty+n+2}{\infty+n+3}$$

$$B'' = +\frac{n+1}{\infty+n+3} - \frac{n+2}{\infty+n+3} = -\frac{1}{\infty+n+3}$$

In diesem Falle beträgt also die freie Spannung der Collectorplatte noch weniger, nämlich  $-\frac{1}{\infty+n+3}$ , und die Vermehrung bis auf  $-\frac{n}{\infty+n+3}$  ist noch weiter, als im vorhergehenden Falle von  $-1$  entfernt.

Ganz anders würde das Resultat ausfallen, wenn  $B'$  wiederholt an einer isolirenden Handhabe abgehoben und mit dem Condensator in Berührung gesetzt würde, weil in diesem Fall die freie Spannung des Collectors bis auf  $\frac{1}{3}$ , und durch Aufheben des Condensators bis auf  $-\frac{n}{3}$  gesteigert werden kann.

Obleich also die Spannungen zweier Metalle durch das Zwischentreten anderer Metalle Aenderungen erleiden können, und um den Ausfall mancher *elektrostatischer* Versuche richtig zu beurtheilen, nicht übersehen werden dürfen: so ist doch die Berücksichtigung dieser Zwischenmetalle bei allen *elektrodynamischen* Versuchen überflüssig; weil aus der Vergleichung der angeführten Combinationen erhellt:

dafs der *Spannungsunterschied* (nicht aber die *Spannungen*) der Endglieder einer Reihe willkürlich ge-

wählter Metalle in allen Fällen derselbe ist, welchen die Endglieder bei unmittelbarer Berührung erlangen würden.

In diesem Gesetz liegt zugleich der Grund für die Thatsache, daß keine wirksame Kette aus bloßen Metallen gebildet werden kann.

#### XXIV. *Bestätigung der Dove'schen Windtheorie durch die Barometerveränderungen der südlichen Halbkugel; von G. Galle.*

Gehülfen der Sternwarte zu Berlin.

Wegen der großen Menge wechselnder Luftströme, wie sie in höheren Breiten aus den mannichfaltigsten Ursachen sich bilden, und wegen der Unmöglichkeit, diese Luftströme an etwas anderem, als ihrer Direction, sicher zu unterscheiden, kann es nicht ohne Schwierigkeiten seyn, ein Gesetz nachzuweisen, das in jedem Strome *einzelu*, wenn man ihn isolirt verfolgen würde, stattfinden soll.

Hr. Prof. Dove hat in Bd. XXXVI S. 321 dieser Annalen, auf welche Abhandlung hier verwiesen werden muß, die Theorie eines solchen Gesetzes, über die Veränderungen der Windesrichtung, gegeben, von dem er in früheren Abhandlungen gezeigt hat, daß seine Existenz eine Menge ganz verschiedenartiger meteorologischer Erscheinungen erklären würde. Insoweit man aus den Veränderungen der meteorologischen Instrumente darauf geführt wird, haben die Beobachtungsjournale dreier Orte des westlichen Europas mit solcher Präcision den gehegten Erwartungen entsprochen, daß eine gleiche Bestimmtheit in der wirkenden *Ursache* und ein allgemeineres Stattfinden der Erscheinung auch für andere Punkte der Erde zu vermuthen war.

Wenn aber die am angeführten Orte gegebene Theo-

rie die richtige ist, so müssen auf der südlichen Halbkugel die Veränderungen der Windesrichtung, und mithin die der meteorologischen Instrumente entgegengesetzt denen der nördlichen seyn. Ein sich selbst überlassener Luftstrom muß von Süd nach Ost hin seine Direction ändern, nicht wie auf der nördlichen Halbkugel von Süd nach West. Das Barometer, wenn es in Europa zwischen SW. und W. sein Minimum und bei NO. bis O. seyn Maximum hat, muß auf der südlichen Halbkugel diese Extreme resp. bei NW. bis W. und bei SO. bis O. zeigen: folglich muß auf der südlichen Halbkugel, wenn die behauptete Winddrehung stattfindet, das Barometer bei SW. eben so sehr im Steigen begriffen seyn, als auf der nördlichen bei NW., und bei NO. eben so sehr im Fallen, als auf der nördlichen bei SO. Um dieses erfahrungsmäßig zu ermitteln, habe ich bei den auf zwei Reisen des preussischen Schiffs *Princess Luise* <sup>1)</sup> angestellten Barometerbeobachtungen die jeder angegebenen Windesrichtung zunächst vorhergehende Barometerhöhe mit der zunächst folgenden verglichen, die dazwischenliegende aber, der Windesrichtung zugehörige, zur Berechnung einer dem Orte und der Zeit entsprechenden barometrischen Windrose benutzt, welcher jene Veränderungen sich alsdann anschließen mußten. In wie weit sich die theoretischen Vermuthungen bestätigt haben, sieht man aus folgenden drei Tabellen, in denen das Zeichen +, unter der Rubrik Veränderung, Steigen, das Zeichen — Fallen des Barometers bedeutet, zu Zeiten, wo der nebenstehende Wind herrschend war.

- 1) Das Schiff wurde beide Male von Capitain Wendt commandirt. Die Beobachtungen von 1830 bis 1831 finden sich in Meyen's Reise, T. I, die von 1833 erhielt ich handschriftlich durch Güte des Hrn. Geh. Ob. Finanzrath Kaiser.

170. 0	11. 238	0.00
180. 0	11. 238	0.00
190. 0	11. 238	0.00

## I. Südliche Halbkugel. 1830 bis 1831.

Mittel aus zwei Monaten.

Wind.	Barom. Werth.	Veränderung.
S.	29 <sup>z</sup> ,631	+0 <sup>z</sup> ,023
SSW.	29,509	+0,021
SW.	29,442	+0,012
WSW.	29,407	+0,006
W.	29,394	+0,001
WNW.	29,387	-0,004
NW.	29,379	-0,011
NNW.	29,368	-0,016
N.	29,354	-0,015
NNO.	29,375	-0,016
NO.	29,541	-0,028
ONO.	29,846	-0,029
O.	29,967	-0,015
OSO.	29,932	-0,002
SO.	29,867	+0,010
SSO.	29,750	+0,020

## II. Nördliche Halbkugel. 1830.

Mittel aus 20 Tagen.

Wind.	Barom. Werth.	Veränderung.
S.	337 <sup>m</sup> ,37	-0 <sup>m</sup> ,122
SSW.	337,31	-0,117
SW.	336,99	-0,047
WSW.	337,14	+0,031
W.	337,28	+0,088
WNW.	337,48	+0,141
NW.	337,85	+0,211
NNW.	338,27	+0,210
N.	338,42	+0,088
NNO.	338,45	-0,048
NO.	338,50	-0,095
ONO.	338,60	-0,097
O.	338,50	-0,084
OSO.	338,43	-0,071
SO.	338,19	-0,066
SSO.	337,94	-0,082



## III. Südliche Halbkugel. 1833.

Mittel aus sechs Monaten.

Wind.	Barom. Werth.	Veränderung.
S.	29,334	+0,052
SSW.	29,243	+0,079
SW.	29,208	+0,093
WSW.	29,234	+0,048
W.	29,289	-0,014
WNW.	29,345	-0,041
NW.	29,391	-0,043
NNW.	29,414	-0,042
N.	29,452	-0,045
NNO.	29,503	-0,011
NO.	29,547	-0,021
ONO.	29,561	-0,013
O.	29,567	-0,001
OSO.	29,561	+0,002
SO.	29,527	+0,009
SSO.	29,448	+0,025

Die ersten beiden Resultate gehören *einer und derselben Reihe* an, und zeigen, wie der Uebergang über den Aequator die Zeichen der »Veränderung« plötzlich umkehrt, und die eine Regel scharf von der andern abschneidet. Dafs die Zahl der benutzten Beobachtungen nicht zu gering ist, um das Gesetz sehen zu lassen, zeigt erstlich der Erfolg, und zweitens sind bei I und II die Beobachtungen meist stündlich angestellt, die Anzahl also nicht ohne Verhältnifs klein. Um das seltene Vorkommen mancher Windesrichtungen für die Darlegung des Gesetzes unschädlich und dadurch den Sinn der Veränderung augenfälliger zu machen (da das Quantitative ohnehin Discussionen erfordern würde), habe ich in den obigen Tableaus nicht die reinen Mittel angesetzt, sondern sie mit den benachbarten Mitteln zu neuen Mitteln combinirt. Die Abweichungen vom allgemeinen Mittel werden dadurch *kleiner*, aber der *Sinn* der Veränderung kann keinesfalls afficirt werden. Auch habe ich die Beob-

achtungen aller Breiten einer und derselben Halbkugel von 0° bis 60° ohne Unterschied mit einander vermischt, und nichts als das Südliche vom Nördlichen getrennt. No. I. und III. betreffen beide die Umschiffung des Cap Horn, No. II. fällt auf die Reise von Hamburg nach Rio de Janeiro.

---

XXV. *Nachtrag zum Aufsatz über die Structur und chemischen Eigenschaften der thierischen Bestandtheile der Knochen und Knorpel; von J. Müller.*

---

Bei einer Untersuchung der Rippenknorpel fanden Fromherz und Gugert (Schweigg. Journ. Bd. L S. 187) auch Eiweiß und Käsestoff. Käsestoff und Chondrin werden zwar beide von Essigsäure und Alaun gefällt, verhalten sich aber entgegengesetzt gegen überschüssigen Alaun und Essigsäure und gegen Kaliumeisencyanid.

Die oben als Faserknorpel bezeichnete Cartilago Weisbergiana des Kehlkopfs enthält auch einige zellige Höhlungen.

Zellgewebe und seröse Häute geben den gewöhnlichen Leim. Eben so verhält sich das mikroskopisch mit Zellgewebe übereinstimmende, durch seine vitalen Eigenschaften aber davon sich entfernende leimgebende contractile Gewebe der Tunica dartos des Hodensacks.

In Beziehung auf den Gehalt des gewöhnlichen Leims an phosphorsaurer Kalkerde und seine Fähigkeit dieselbe zu binden wurde noch folgender Versuch angestellt. Eine concentrirte Auflösung von Tischlerleim wurde mit kautischem Kali versetzt, der Niederschlag wurde ausgewaschen und dem Feuer ausgesetzt. Durch das Schwärzen desselben ergab sich ein ganz geringer Antheil von gebundenem Leim. In einem zweiten Versuch wurde der von kali causticum bewirkte Niederschlag von phosphorsaurer Kalk-

erde ausgewaschen, bis das Abfließende keine Spur von Reaction auf Leim gegen Galläpfeltinktur zeigte. Dann wurde die im Niederschlag enthaltene Verbindung von phosphorsaurer Kalkerde und Leim mehrere Stunden gekocht. Ich wollte wissen, ob sich durch Kochen die thierische Materie eben so ausziehen lasse, als der Leim aus den geraspelten Knochen. Nach mehrstündigem Kochen enthielt die abfiltrirte Flüssigkeit nur eine ganz geringe Spur von Leim, wie einige Trübung von Galläpfeltinktur zeigte.

Endlich wurde noch ein Versuch in Bezug auf das Verhältniß des Leims und Chondrins und in Bezug auf die Frage gemacht, ob der gewöhnliche Leim durch eine Verbindung von Chondrin und phosphorsaurer Kalkerde entstehe. Es wurde schon angeführt, daß liquor kali caustici aus einer concentrirten Lösung von Chondrin keine phosphorsaure Kalkerde fällt, während er viel von diesem Salz aus einer Leimlösung niederschlägt. Liquor kali caustici bewirkt zwar in einer concentrirten Lösung von Chondrin anfänglich auch eine starke Trübung, als wollte sich ein Niederschlag absetzen; aber beim Schütteln löst sich die Trübung bald wieder ganz auf. Der Niederschlag in einer Leimlösung bleibt, auch beim Verdünnen der Lösung mit Wasser. Ich stellte mir nun die Frage: ob gewöhnlicher Leim, nach dem Abscheiden der phosphorsauren Kalkerde, zu Chondrin werde? Demnach wurde eine concentrirte Lösung von Leim mit liquor kali caustici versetzt, dann filtrirt, das Kali durch Essigsäure neutralisirt, die Flüssigkeit abgedampft und die Masse mit viel Weingeist versetzt, welcher das essigsaure Salz lösen mußte. Der Weingeist wurde dann abfiltrirt, der Niederschlag mit Weingeist ausgewaschen. Der nun von dem essigsauren Salz befreite Niederschlag wurde dann wieder in heißem Wasser gelöst. Er gelatinirte nicht mehr. Essigsaures Blei brachte einen merklichen Niederschlag darin hervor; Essigsäure trübte ein wenig; Alaun trübte nur ein wenig, wenn ein Minimum davon zuge-

setzt wurde, wenn mehr, nicht; schwefelsaures Eisenoxyd trübte anfänglich nicht, bald setzte sich aber ein Niederschlag ab. Dieser Versuch, der wiederholt dasselbe Resultat gab, schien einigermaßen für die Ansicht zu sprechen, daß der gewöhnliche Leim durch Bindung einer gewissen Menge phosphorsaurer Kalkerde mit Chondrin entsteht. Es sind aber auch positive Gründe vorhanden, welche diese Theorie schwächen. Kali causticum fällt zwar aus Tischlerleim jedesmal sehr viel und der Niederschlag löst sich nicht beim Zusatz von Wasser auf. Aber Hausenblase, sonst mit Tischlerleim übereinstimmend, verhält sich in dieser Hinsicht verschieden. Beim Zusatz von kali causticum zu einer concentrirten Lösung von Hausenblase entstand eine Fällung, die sich aber bei Zusatz von Wasser wieder auflöste, und daher keine phosphorsaure Kalkerde ist. Hausenblase stimmt in dieser Hinsicht mit Chondrin, daß sich keine phosphorsaure Kalkerde daraus fallen läßt, und doch sind beide Materialien von einander so verschieden, wie Tischlerleim und Chondrin.

---

## XXVI. *Vermischte Notizen.*

---

1) *Merkwürdige Meeresströme.* Zufolge einer dem Dr. John Davy von einem Dr. White mitgetheilten Nachricht finden sich an der Küste von Cephalonia, etwa anderthalb englische Meilen von der Stadt Argostoli, nahe dem Eingang des Hafens, vier Stellen, wo merkwürdigerweise das Meerwasser fortwährend durch Oeffnungen in den Boden eindringt und dadurch nicht unbedeutende Ströme erzeugt. Sie sind den Einwohnern längst bekannt, von ihnen aber je weder beachtet, noch benutzt worden. Ein englischer Zollbeamte, Stephens mit Na-

men, hat indess i. J. 1835 den Versuch gemacht, an einem dieser Ströme eine Kornmühle anzulegen, mit aller Aussicht auf einen glücklichen Erfolg. Mittelst eines künstlichen Grabens hat er sich einen senkrechten Fall von  $2\frac{1}{2}$  Fufs verschafft, und durch die Abzugsöffnungen, die eine Oberfläche von 200 Quadratzoll darbieten, fließt das Wasser mit einer Schnelligkeit von 15 Fufs in der Minute ab. Der Abflufs in alle diese Oeffnungen dauert, sobald der reichlich vorhandene Tang keine Verstopfung bewirkt, ununterbrochen das ganze Jahr, und es ist dabei kein Geräusch zu hören. Auch haben, nach Hrn. Stephens's Beobachtung, starke Erdstöße keinen Einflufs auf diese landeinwärts gehende Ströme.

John Davy glaubt, diese Phänomene stehen im Zusammenhang mit den örtlichen Erdbeben, welche auf den jonischen Inseln so häufig sind. Erdbeben zeigen sich nämlich am meisten dort, wo der Boden aus einem grauen Thon besteht, in den niederen Theilen von Zante, Santa Maura, Cephalonia (bei Argostoli und Lixuri) und Corfu (District Alleschimo); während sie in den aus Bergkalk und Thonschiefer bestehenden Gebirgsgegenden dieser Inseln, so wie in den granitischen Districten auf Cerigo selten und schwach sind. D. hält diese Erdbeben nicht für vulkanischen Ursprungs, sondern meint, sie entstehen durch das Aufquellen des Mergels bei seiner Benässung durch das eindringende Meerwasser, welche Meinung er durch einige Versuche über diefs Aufquellen zu bekräftigen sucht. (*Edinb. New phil. Journ. Vol. XX p. 116.*)

2) *Größte Badhitze für Menschen.* — Marschall Marmont berichtet von seiner neulich in Kleinasien unternommenen Reise unter andern, dafs er zu Brussa (wo er die Temperatur des Mineralbades von Kukurkli =  $84^{\circ}$  C. und die des Bades von Yeni-Kaplidja =  $64^{\circ}$  C. fand) einen Türken habe in einem Bade von der Temperatur  $+78^{\circ}$  C. lange Zeit verweilen sehen. — Andere Erfahrungen setzen das Maximum der ertragbaren Bad-

hitze weit niedriger. Dr. Carrère, ein rüstiger Mann, konnte in den warmen Bädern von Roussillon, deren Temperatur  $= +50^{\circ}$  C., nur drei Minuten verweilen. Lemonnier, der beständig zu Barèges badete, konnte  $38^{\circ}$  C. ohne Unbequemlichkeit ertragen, vermochte aber im Wasser von  $45^{\circ}$  C. nur acht Minuten auszuhalten. Er schwitzte heftig im Gesicht, wurde roth und geschwollen am ganzen Leibe, und zuletzt nöthigte ihm eine Betäubung das Bad zu verlassen. Dr. Berger setzt das ohne Unbequemlichkeit ertragbare Maximum der Wärme eines Bades aus *reinem Wasser* auf nur  $42^{\circ}$  C. Dieselbe Temperatur kann man, nach Newton, mit der Hand aushalten, wenn man sie in Wasser bewegt, dagegen  $50^{\circ}$  C., wenn man sie ruhig hält. Fordyce, Banks Solander, Blagden, Dundas, Home, Nooth Seaforth und Phipps, die im J. 1774 in einem geheizten Raume acht Minuten lang eine *Luft*-Temperatur von  $128^{\circ}$  C. auszuhalten vermochten, fanden im Mittel aus mehren Versuchen, dafs man mit der Hand ertragen könne: in Quecksilber  $+47^{\circ}$  C., in Wasser  $+50^{\circ},5$  C. in Oel  $+54^{\circ}$  C. und in Alkohol  $+54^{\circ},5$  C. Ungeachtet aller dieser Erfahrungen und der ihm deshalb von Hrn. Arago geäußerten Zweifel bleibt Marschall M. bei seiner Angabe stehen, und beruft sich, zur Bekräftigung derselben auf einen Augenzeugen der Thatsache, den Oestreicher Dr. Jeng. (*Compte rendu*, 1836, pt. I p. 211.)

3) *Lithion*. — Setterberg hat gefunden, dafs der Spodumen, als feines Pulver gemengt mit Kohle (oder besser noch, gemengt und verkohlt mit Oel oder Zucker), in einem glühenden Porcellanrohr so leicht durch einen Strom von Chlorgas zersetzt wird, dafs man das Lithionsalz durch Wasser ausziehen kann (Berzelius, Jahresb. No. 16 S. 95 d. O.).